รหัสโครงการ[SUT7-709-54-12-64]

รายงานการวิจัย

การศึกษาการสกัดแป้งจากกากมันสำปะหลังโดยใช้ระบบอุลตร้าโซนิค

A Study on Starch Extraction from Cassava Pulp Using Ultrasonic

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจาก

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว

รหัสโครงการ[SUT7-709-54-12-64]

รายงานการวิจัย

การศึกษาการสกัดแป้งจากกากมันสำปะหลังโดยใช้ระบบอุลตร้าโซนิค

A Study on Starch Extraction from Cassava Pulp Using Ultrasonic

คณะผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชาญชัย ทองโสภา

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ผู้ร่วมวิจัย

วีรชัย อาญหาญ	พรรษา ลิบลับ	ทิพย์สุภินทร์ หินซุย
ณัฐพงษ์ ประภาการ	สุภัทร หนูแย้ม	สาวิตรี คำหอม
ธนธัช มุขขันธ์	ปภัส ชนะโรค	ธราวุธ บุญน้อม
ศรัลย์ ปานศรีพงษ์	นัยวัฒน์ สุขทั่ง	วิเชียร ดวงสีเสน
กิตติยาภรณ์ รองเมือง	กฤษกร รับสมบัติ	ปัญญา หันตุลา
กงจักร ลมวิชัย	เฉลิมขวัญ	สืบพงศ์ ใบแย้ม

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปีงบประมาณ พ.ศ. 2554

ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว

กุมภาพันธ์ 2556

กิตติกรรมประกาศ

(Acknowledgement)

การวิจัยครั้งนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปีงบประมาณ 2554 ระยะ เวลาทำการวิจัย 12 เดือน ทางคณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอขอบคุณ คณะกรรมการผู้ตรวจสอบทางวิชาการ ที่ได้ให้คำแนะนำข้อเสนอแนะต่อคณะผู้วิจัยด้วยดีตลอดมา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชาญชัย ทองโสภา

หัวหน้าโครงการวิจัย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทคัดย่อ

จุดประสงค์ในงานวิจัยนี้คือ 1) เพื่อที่จะทำการพัฒนาเครื่องต้นแบบเครื่องสกัดแป้งจากกากมันสำปะหลังโดยใช้อุลตร้าโซนิคและ 2) ทำการทดสอบเครื่องที่ได้ในการสกัดแป้งจากกากมันสำปะหลัง โดยการพัฒนาวงจรของเครื่องต้นแบบประกอบด้วย 4 ส่วนด้วยกัน คือ 1) ส่วนการออกแบบวงจรเรียงกระแสไฟฟ้า และกรองกระแสไฟฟ้าทางด้านอินพุตกำลังสูง (Power Rectifier & Filter) 2) ส่วนการออกแบบวงจรสร้าง และขยายความถี่ (Pulse Oscillator & Driver Isolator) 3) ส่วนการออกแบบวงจรขยายกำลังอินเวอร์เตอร์แบบฟลูบริดจ์ (Full Bridge Inverter) และ 4) ส่วนการออกแบบวงจรรีโซแนน และขดลวดหมอแปลง (Load Resonant & coil) การทำงานของวงจรทั้งหมดสามารถอธิบายพอสังเขปคือแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับทางด้านอินพุตที่ 220 VAC 50Hz ผ่านวงจรเรียงกระแสไฟฟ้าและกรองกระแสไฟฟ้ากำลังสูงได้แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่ประมาณ 310 VDC กระแสไฟฟ้าที่5A ซึ่งเป็นแหล่งจ่ายต่อของวงจรอินเวอร์เตอร์แบบฟลูบริดจ์โดยซึ่งใช้มอสเฟต เป็นตัวควบคุมวงจรสวิตช์ตามความถี่ที่ออกแบบมาให้เหมาะกับลักษณะงานที่ต้องการ และกำลังไฟฟ้าที่ได้จากการสวิตช์โดยภาคอินเวอร์เตอร์จะส่งต่อไปยังภาควงจรรีโซแนนซ์ เพื่อปรับวงจรให้เหมาะสมกับความถี่ที่สวิทช์ และกำลังงานเอาต์พุทหลังจากนั้นผ่านกำลังงานทั้งหมดไปยังหัวอุลตร้าโซนิค ซึ่งเป็นตัวกำเนิดคลื่นอุลตร้าโซนิคสำหรับสกัดแป้งจากการมันสำปะหลัง

เครื่องสกัดแป้งจากกากมันสำปะหลังที่ถูกพัฒนาได้นำไปทดสอบกับกากมันแห้งที่ผสมกับน้ำกลั่นที่สัดส่วน 2% และ 4% โดยน้ำหนักเป็นเวลา 10 และ 20 นาทีหลังจากนั้นนำไปกรองด้วยตะแกรงขนาด 106 ไมครอน และนำกากมันที่เหลือไปอบที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียสเพื่อลดความชื้นแล้วนำไปวิเคราะห์หาแป้ง (starch) ที่ถูกสกัดออกไปผลการวิเคราะห์ พบว่าต้นแบบเครื่องอุลตร้าโซนิคสามารถสกัดแป้งออกจากกากมันสำปะหลังที่เวลาให้คลื่นอุลตร้าโซนิค 10 นาทีได้แป้ง 10.62% และ 15.08% ที่สัดส่วนแป้งผสม 2% และ 4% ตามลำดับ ปริมาณแป้งที่สกัดได้จะมากขึ้นเมื่อเวลาให้คลื่นอุลตร้าโซนิคเพิ่มขึ้นซึ่งเท่ากับ 31.48% และ 37.22% ที่เวลาการให้คลื่นอุลตร้าโซนิค 20 นาทีสำหรับสัดส่วนแป้งผสม 2% และ 4% ตามลำดับ

Abstract

The objectives of this research were to: 1) develop a prototype of ultrasonic cassava pulp starch extracting machine, and 2) test its efficacy in extracting starch from cassava pulp. The circuit development of the prototype consisted of four parts: 1) design of power rectifier and filter, 2) design of pulp oscillator and driver isolator, 3) design of full bridge inverter, and 4) design of transformer load resonant and coil. The circuit part can be described as follows. The AC voltage 220 VAC and 50 Hz from input side was convertedto DC voltage 310 VDC and 5 A through a power rectifier and filter. The high voltage was used as a power source for a full bridge inverter circuit and the desired frequency was generated using MOSFET.The obtained power was supplied to transformer load resonant and coil to adjust appropriate frequency and output power, which was subsequently transmitted to anultrasonic transducer to generate ultrasonic waves used in extracting starch from cassava pulp.

The developed starch extracting machinewas tested with dried cassava pulp mixed with distilled waterat two concentrations i.e., 2% and 4% w/wfor 10 and 20 min. The extracts were filtered through a filter having a screen size of 106 micron, and then dried at 55 ℃ in an oven. The percentage of starch extracted was determined. The result showed that the developed machine could extract starch 10.62% and 15.08% from cassava pulp at the mixture concentration of 2% and 4% w/w, respectively. The extracted percentage increased with an increase in extracting time, which was 31.48% and 37.22% at 20 min for starch-water mixtures of 2% and 4% w/w, respectively.

สารบัญ

หน้า

กิตติกรรมประกาศ ..... ก
บทคัดย่อภาษาไทย ..... ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ค
สารบัญ ..... ง
สารบัญตาราง ..... ฉ
สารบัญรูปภาพ ..... ช
บทที่ 1 บทนำ
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาการวิจัย 1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 4
1.3 ขอบเขตของการวิจัย 4
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 4
บทที่ 2 ปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
2.1 บทนำ 6
2.2 สถานการณ์มันสำปะหลัง 6
2.3 การแปรรูปมันสำปะหลัง 7
2.4 ระบบอุลตร้าโซนิค 10
2.5 คาวิเตชัน 15
2.6 ปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดคาวิเตชัน 16
บทที่ 3 เครื่องมือและวิธีการดำเนินการวิจัย
3.1 กรอบแนวคิด 18
3.2 ขั้นตอน วิธีการศึกษา และเครื่องมือวิเคราะห์ 18

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการศึกษาและวิจารณ์

4.1 บทนำ 22

4.2 คุณสมบัติกากมันสำปะหลัง 22

4.3 หลักการออกแบบต้นแบบระบบอุลตร้าโซนิคสำหรับใช้การสกัดแป้งจากมันสำปะหลัง . 26

4.4 ลักษณะต้นแบบระบบอุลตร้าโซนิคสำหรับใช้การสกัดแป้งจากมันสำปะหลัง 30

4.5 ประเมินต้นทุนการผลิตในเชิงธุรกิจ 34

บทที่ 5 สรุป ปัญหาและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุป ปัญหาและข้อเสนอแนะ 34

บรรณานุกรม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1.1 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับและสู่กลุ่มเป้าหมาย 5
ตารางที่ 4.1 องค์ประกอบแบบประมาณ 23
ตารางที่ 4.2 องค์ประกอบแบบแยกธาตุ 23
ตารางที่ 4.3 สมบัติที่แตกต่างกันของอะไมโลสและอะไมโลเพคติน 25
ตารางที่ 4.4 แสดงองค์ประกอบทางเคมีในตัวอย่างกากมัน (% น้ำหนักแห้ง) 26
ตารางที่ 4.5 แสดงคุณสมบัติของเครื่องต้นแบบระบบอุลตร้าโซนิคสำหรับสกัดแป้งจากมันสำปะหลัง31
ตารางที่ 4.6 ผลการทดสอบสกัดแป้งมันสำปะหลังด้วยต้นแบบเครื่องอุลตร้าโซนิค 32
ตารางที่ 4.7 การคำนวณต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์ 34

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญรูปภาพ

หน้า

รูปที่ 2.1 โครงสร้างตลาดมันสำปะหลังในประเทศไทย 7
รูปที่ 2.2 ทรานสดิวเซอร์แบบเปียโซอิเลคทริค..... 11
รูปที่ 2.3 เตาผลิตแก๊สชีวมวลชนิดต่างๆ 13
รูปที่ 2.4 แสดงผลการทดลองตัวรับตัวหนึ่งโดยลองเปลี่ยนโหลดเป็นค่าต่าง ๆ กัน แล้วป้อนคลื่นเสียงความถี่ต่างๆกันเข้ามา 15
รูปที่ 2.5 หลักการเกิดคาวิเตชัน 16
รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการศึกษา..... 18
รูปที่ 3.2 ขั้นตอนการการทดสอบสกัดแป้งด้วยเครื่องอัลตราโซนิค 20
รูปที่ 4.1 บล็อกไดอะแกรมเครื่องต้นแบบระบบอุลตร้าโซนิคสำหรับสกัดแป้งจากมันสำปะหลัง..... 26
รูปที่ 4.2 ลักษณะวงจรเรียงกระแสไฟฟ้าและกรองกระแสไฟฟ้าทางด้านอินพุต..... 27
รูปที่ 4.3 ลักษณะวงจรกำเนิดความถี่ 28
รูปที่ 4.4 วงจรขับกำลังสัญญาณ..... 28
รูปที่ 4.5 ลักษณะวงจรขยายกำลัง..... 29
รูปที่ 4.6 ลักษณะวงจรรีโซแนนและขดลวดหม้อแปลง 30
รูปที่ 4.7 เครื่องต้นแบบระบบอุลตร้าโซนิคสำหรับสกัดแป้งจากมันสำปะหลัง..... 31
รูปที่ 4.8 แนวคิดเครื่องอุลตร้าโซนิคสำหรับสกัดแป้งจากมันสำปะหลังสำหรับใช้งานจริงในเชิงพานิชยน์..... 33

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาการวิจัย

จากวิกฤติราคาพลังงานปรับตัวขึ้นลงประเทศไทยต้องนำเข้าพลังงานเป็นมูลค่าเกือบหนึ่งล้านล้านบาทในระยะเวลาปีกว่าที่ผ่านมา ทำให้การพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศได้รับผลกระทบตลอดจนประชาชนได้รับผลกระทบโดยตรงจากราคาน้ำมันเชื้อเพลิงที่สูงขึ้นกระทรวงพลังงานเล็งเห็นความจำเป็นในการจัดหาแหล่งพลังงานที่หลากหลายโดยเฉพาะอย่างยิ่งพลังงานหมุนเวียนในประเทศจึงมีนโยบายจะพัฒนาพลังงานทดแทนเป็นแหล่งพลังงานหลักของประเทศด้วยการจัดทำแผนพัฒนาพลังงานทดแทน 15 ปี (พ.ศ. 2551 –2565) ขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์ของแผนเพื่อให้ประเทศไทยใช้พลังงานทดแทนเป็นพลังงานหลักของประเทศแทนการนำเข้าน้ำมันเพื่อเพิ่มความมั่นคงในการจัดหาพลังงานให้ประเทศ

ซึ่งกระทรวงพลังงาน ได้จัดทำแผนดำเนินการหรือ Road Map ในการส่งเสริมให้มีการใช้พลังงานทดแทนอย่างชัดเจน เช่น มาตรการการส่งเสริมการใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์ การเปิดเสรีโรงงานผลิตเอทานอล การปรับโครงสร้างราคาเอทานอลและราคาไบโอดีเซล การส่งเสริมการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนสำหรับผู้ผลิตไฟฟ้ารายเล็ก (SPP) จากชีวมวล ก๊าซชีวภาพ พลังน้ำขนาดเล็ก และขยะชุมชน

ในส่วนของการส่งเสริมการใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์ พบว่าตั้งแต่เริ่มมีการใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์ตั้งแต่ปี 2544 จนถึงปัจจุบัน (ปี 2549) ปริมาณการใช้น้ำมันแก๊สโซฮอล์ 95 เพิ่มขึ้นเป็น 3.5 ล้านลิตร/วัน ทั้งนี้มีกำลังการผลิตเอทานอลสำหรับใช้ผลิตแก๊สโซฮอล์ทั้งประเทศ 0.855 ล้านลิตร/วัน (ข้อมูลจาก ปตท., 2550) โดยที่แนวโน้มการผลิตเอทานอล สำหรับใช้ผลิตแกสโซฮออล์ มีแนวโน้มสูงขึ้นทั้งนี้เนื่องจากส่วนต่างระหว่างราคาน้ำมันเบนซินและน้ำมันแก๊สโซฮอล์ได้เพิ่มสูงขึ้นมาก ทำให้ประชาชนหันไปนิยมใช้น้ำมัน E10 เนื่องจากเป็นของดีราคาถูก อีกทั้งรัฐบาลได้ปรับลดอัตราภาษีสรรพสามิตสำหรับรถยนต์ E20 ขึ้นไปลง 5 % เมื่อวันที่ 9 พฤศจิกายน 2550 และมีผลบังคับใช้ตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม 2551 และ ล่าสุดเพื่อสนับสนุนการใช้น้ำมันที่มีส่วนผสมของเอทานอลเพิ่มมากขึ้นไปอีก คณะรัฐมนตรีได้มีมติเมื่อวันที่ 3 มิถุนายน 2551 เห็นชอบมาตรการภาษีเพื่อสนับสนุนการใช้น้ำมัน E85 เป็นการเพิ่มเติม คือ 1) ยกเว้นอากรขาเข้าชิ้นส่วนสำหรับรถยนต์ E85 ที่มีลักษณะเฉพาะและเป็นอุปกรณ์หลักเพื่อปรับเปลี่ยนมาใช้น้ำมัน E85 และยังไม่มีผลิตในประเทศ เป็นการชั่วคราว 3 ปี และ 2) ลดอัตราภาษีสรรพสามิตน้ำมัน E85 จากเดิม 3.6850 บาท/ลิตร เหลือ 2.5795 บาท/ลิตร

อย่างไรก็ดีปัญหาอุปสรรคของการส่งเสริมการใช้น้ำมันแก๊สโซฮออล์ ในส่วนของการผลิตเอทานอล คือ ปัญหาด้านการขาดแคลนวัตถุดิบ และราคาวัตถุดิบขยับตัวสูงขึ้น ไม่ว่าจะเป็น มันสำปะหลัง กากน้ำตาล ซึ่งแนวทางการแก้ไขจำเป็นที่จะต้องมีการส่งเสริมการปลูกมันสำปะหลัง อ้อย หรือ ส่งเสริมการปลูกพืชพลังงานอื่นๆที่มีศักยภาพในการผลิตเอทานอล เช่น ข้าวฟ่างหวาน เป็นต้น จากการวิเคราะห์สถานภาพของวัตถุดิบที่นำมาใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตแก๊สโซฮอลล์ ได้แก่กากน้ำตาล อ้อย และมันสำปะหลัง อ้อยและกากน้ำตาลมีความสัมพันธ์กันในด้านปริมาณ ปัจจุบันอ้อยมีพื้นที่เพาะปลูกประมาณ 6 ล้านไร่ มีปริมาณอ้อยประมาณ 60 ล้านตัน/ปี ซึ่งยังไม่เพียงพอกับการความต้องการของโรงงานน้ำตาล ทั้งนี้ปริมาณกากน้ำตาลมีสัดส่วนประมาณร้อยละ 5 ของอ้อยสด (หรือประมาณ 3 ล้านตัน/ปี) ขณะที่ความต้องการกากน้ำตาลในประเทศแต่ละปีมีประมาณ 1.5 ล้านตัน ที่เหลืออีกประมาณ 1.5 ล้านตันใช้สำหรับส่งออก ซึ่งถ้าไม่มีการส่งออกกากน้ำตาลจะสามารถนำกากน้ำตาลนั้นมาผลิตเอทานอลได้ประมาณ 0.8 ล้านลิตร/วัน แต่ราคากากน้ำตาล ณ ปัจจุบันมีราคาสูง ประมาณ 4,800-5,200 บาท/ตัน ทำให้ต้นทุนการผลิตเอทานอลสูงจนโรงงานไม่สามารถนำมาผลิตเอทานอลได้ อย่างไรก็ดี จากข้อมูลที่ผ่านมาพบว่าโรงงานผลิตเอทานอลที่ใช้วัตถุดิบ เช่น บ.ไทยง้วนแอลกอฮอล์ หรือ บ.อินเตอร์เนชั่นแนลแก๊สโซฮอล์ คอร์เปอร์เรชั่น ยังทำการผลิตได้ไม่เต็มที่ ทั้งนี้อาจมาจากสาเหตุหลายประการ แต่ที่เห็นได้ชัดคือ ปัญหาในการจัดหาวัตถุดิบ กล่าวคือที่กำลังการผลิตเอทานอล 100,000 ลิตรต่อวัน จะมีความต้องการหัวมันสดประมาณ 600 ตันต่อวัน ซึ่งมีค่าค่อนข้างมากในแต่ละวัน และคิดเป็นความต้องการประมาณ 75% ของความต้องการหัวมันสดของโรงงานแป้งมันสำปะหลังขนาดใหญ่ (200 ตันแป้งต่อวัน หรือเทียบเท่า 800 ตันหัวมันสดต่อวัน) การจัดหาวัตถุดิบในปริมาณมากจากพื้นที่ใกล้เคียงโรงงานแป้งมันสำปะหลังอาจเป็นปัญหา ทำให้ต้องรวบรวมมาจากแหล่งอื่นๆ ที่ไกลออกไป ดังนั้นการสร้างโรงงานเอทานอลโดยใช้มันสำปะหลังเป็นวัตถุดิบ จำเป็นต้องพิจารณาถึงปัจจัยด้านวัตถุดิบเป็นสำคัญ วัตถุดิบที่น่าจะจัดการได้ง่ายกว่าในกรณีโรงงานเอทานอลจากมันสำปะหลัง จึงน่าจะเป็นมันเส้นที่สามารถเก็บไว้ได้นานกว่าหัวมันสด

สำหรับมันสำปะหลังพบว่า มีพื้นที่เพาะปลูกประมาณ 6.5 ล้านไร่ ผลผลิตเฉลี่ย 3 ตัน/ไร่ ประมาณการได้ว่าผลผลิตของประเทศในปี 2552 จะมีประมาณ 20 ล้านตัน (หัวมันสด) ซึ่งปริมาณความต้องการใช้มันสำปะหลังมีเพียง 16 ล้านตันในการผลิตแป้ง มันเส้น มันอัดเม็ด ที่เหลือ 4 ล้านตันสามารถนำมาผลิตเอทานอลสำหรับใช้ผลิตแก๊ซโซฮออล์เพื่อใช้ในประเทศ นอกจากนี้พบว่า มันสำปะหลังยังมีศักยภาพในการเพิ่มผลิตให้ได้มากกว่า 3 ตัน/ไร่ (จนถึง 30 ตัน/ไร่) ทำให้มีมันสำปะหลังมาเป็นวัตถุดิบผลิตเอทานอลมากพอโดยไม่ต้องเพิ่มพื้นที่ปลูก และไม่มีผลกระทบต่อการบริโภคในประเทศ (กล้าณรงค์ และคณะ, 2544)

การผลิตมันเส้นของประเทศไทย โดยทั่วไปเกษตรกรจะเป็นผู้ผลิตเองโดยจะตั้งโรงงานใกล้กับพื้นที่ที่ปลูกมันสำปะหลัง เครื่องมือในโรงงานจะประกอบไปด้วย เครื่องสับ รถตัก และ ทำการตากแห้งโดยใช้ลานตากซึ่งมักจะมีขนาดตั้งแต่ 5-10 ไร่ จนถึงเป็น 100 ไร่ หัวมันสดจะถูกลำเลียงเข้าเครื่องสับ เมื่อได้

มันเส้นสดก็จะถูกนำไปลดความชื้นโดยการตากในลานคอนกรีต มันเส้นซึ่งตากในอยู่ในลานจะถูกกลับโดยใช้คราดซึ่งติดตั้งกับรถแทรกเตอร์ เมื่อมันเส้นแห้ง (ความชื้นประมาณ 14-15%) ก็จะถูกรวมเป็นกองโดยใช้แทรกเตอร์ ซึ่งความต้องการของมันเส้นภายในประเทศได้สูงขึ้นอย่างมากเนื่องจากนโยบายการผลิตเอทานอลสำหรับใช้เป็นเชื้อเพลิง ในประเทศและต่างประเทศ ประกอบกับความต้องการมันเส้นไปใช้ทดแทนข้าวโพดเพื่อผลิตอาหารสัตว์ ทำให้ความต้องการมันเส้นเพิ่มขึ้นจาก 1.96 ล้านตัน ในปี 2546 เป็น 2.56 ล้านตัน ในปี 2547 (ปริมาณหัวมันสดที่ใช้ประมาณ 6.25 ล้านตัน) และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ

นอกจากมาตรการส่งเสริมการผลิตเอทานอลเพื่อใช้ในแล้ว การผลิตแก๊สชีวภาพยังเป็นอีกเป้าหมายหนึ่งในแผนการส่งเสริมให้มีการใช้พลังงานทดแทนในประเทศ ข้อมูลศักยภาพการผลิตแก๊สชีวภาพทั้งประเทศประมาณ 67,677.49 ล้านลูกบาศก์เมตร/ปี โดยที่ร้อยละ 99.5 ของปริมาณแก๊สชีวภาพที่ผลิตได้มาจากอุตสาหกรรมการเกษตร (มูลนิธิพลังงานเพื่อสิ่งแวดล้อม, 2550) อันเนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม ซึ่งมีแหล่งวัตถุดิบมากมายไม่ว่าจะเป็น มันสำปะหลัง ปาล์มน้ำมัน น้ำตาล และฟาร์มเลี้ยงสัตว์ โดยกระบวนการแปรรูปเหล่านี้จะให้น้ำเสียจำนวนมากและมีกลิ่นเหม็น ระบบบำบัดน้ำเสียแบบไร้ออกซิเจนจึงเป็นทางเลือกหนึ่งและยังให้ผลผลิตที่เป็นก๊าซชีวภาพกลับมาใช้ในกระบวนการผลิตได้อีก อย่างไรก็ตาม ศักยภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพนั้นขึ้นอยู่กับลักษณะสมบัติและปริมาณของน้ำเสีย ในอุตสาหกรรมการผลิตแป้งมันจะผลิตน้ำเสียปริมาณ 4-6 m^3 ต่อหัวมันสด 1 ตัน ซึ่งสามารถนำไปผลิตไบโอแก๊สได้ 40-50 m^3 พลังงานเทียบเท่ากับ 25 ลิตรของน้ำมันดิบ ปัจจุบันทั่วประเทศมีโรงงานอุตสาหกรรมแป้งมัน 77 โรงงานซึ่งสามารถผลิตแก๊สชีวภาพได้ 234.80 ล้านลูกบาศก์เมตร/ปี

อย่างไรก็ดีกระบวนการผลิตแป้งมันสำปะหลัง ยังมีผลผลอยได้ (By-product) ในรูปของแข็งเกิดขึ้น ซึ่งก็คือ เปลือกมันและกากมัน โดยหัวมันสดหนึ่งตันจะให้ปริมาณ เปลือกมัน และกากมันประมาณ 30 กิโลกรัม และ 60 กิโลกรัม ตามลำดับ ในปัจจุบันเปลือกมันนี้จะถูกนำไปปลูกเห็ดและทำเป็นอาหารสัตว์ ส่วนกากมันซึ่งมีส่วนประกอบ (น้ำหนักแห้ง) ได้แก่ แป้ง เส้นใย โปรตีน ไขมัน และ เถ้า ในอัตราส่วน 56%, 35.9%, 5.3%, 0.1% และ 2.7% ตามลำดับ กากมันที่ออกมาจากโรงงานจะมีความชื้นสูง หรือ ประมาณ 60-70% และเป็นแหล่งอาหารที่ดีของจุลินทรีย์ จึงนำไปใช้ประโยชน์ได้ยาก เนื่องจากมีข้อเสียก็คือ มีกลิ่นเหม็นซึ่งรบกวนกับชุมชนที่อยู่รอบข้าง ในปัจจุบันได้มีการใช้เอนไซม์สองชนิด คือ pectinase และ cellulose ในการเพิ่มประสิทธิภาพการสกัดแป้ง ทำให้ได้กากแป้งที่มีปริมาณแป้งน้อยลงและยังทำให้ง่ายต่อการอบแห้ง และง่ายต่อการใช้งาน โรงงานบางแห่งจะขายกากมันนี้เพื่อนำไปผลิตเป็นอาหารสัตว์ ราคาเมื่ออบแห้งแล้วจะสูงกว่าเมื่อตอนเปียก ปัจจุบันกากมันจะลดความชื้นโดยการตากบนพื้นคอนกรีตขนาดใหญ่ในช่วง 8 เดือนที่ไม่มีฝนตก แต่ในช่วงเดือนสิงหาคม ถึงเดือนพฤศจิกายน ซึ่งส่วนใหญ่ฝนจะตกหนักก็จะทำให้ตากไม่ได้ กากมันบางส่วนก็ถูกนำไปใช้ในการผลิตเห็ด

ดังกล่าว การพิจารณานำผลผลอยได้จากอุตสาหกรรมแป้งมันสำปะหลัง คือ กากมันสำปะหลังมาสกัดแป้งออกโดยใช้ระบบอัลตราโซนิคก่อนที่จะนำไปผลิตเป็นพลังงานต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1) เพื่อศึกษาการสกัดแป้งจากกากมันสำปะหลังโดยใช้ระบบอุลตร้าโซนิค
2) เพื่อพัฒนาต้นแบบการสกัดแป้งจากกากมันสำปะหลังโดยใช้ระบบอุลตร้าโซนิค

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

การศึกษา“การสกัดแป้งจากกากมันสำปะหลังโดยใช้ระบบอุลตร้าโซนิค” นี้ มีรูปแบบในการวิจัย ที่ใช้เครื่องมือทางด้านวิทยาศาสตร์ และทางวิศวกรรมเข้ามาช่วย ซึ่งจะเป็นการศึกษาวิธีการสกัดแป้งจากกากมันสำปะหลังด้วยระบบอุลตร้าโซนิคเพื่อทำให้แป้งหลุดออกจากเส้นใยได้มากขึ้น โดยจะศึกษาการการทำงานของระบบอุลตร้าโซนิค และพารามิเตอร์ต่างๆที่มีผลต่อการสกัดแป้งจากกากมันสำปะหลังซึ่ง ประกอบด้วย การศึกษาวงจรเรียงกระแสไฟฟ้าและกรองกระแสไฟฟ้าทางด้านอินพุต (Power Rectifier & Filter) การศึกษาวงจรขยายกำลัง (Power Amp) การศึกษาวงจรสร้างและขยายความถี่ (Oscillator & Driver Amp) และ การศึกษาวงจรรีโซแนนและขดลวดหม้อแปลง (Load Resonant & coil Transformer) เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ เพื่อการพัฒนาต้นแบบการสกัดแป้งจากกากมันสำปะหลังให้มีประสิทธิภาพสูงสุด สะดวกในการใช้งาน ราคาถูก และนำเสนอเป็นผลงานนวัตกรรมสำหรับผู้สนใจต่อไป

1.4 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย สามารถใช้ในการเรียนการสอน และการสาธิตการสกัดแป้งจากกากมันสำปะหลังด้วยระบบอุลตร้าโซนิคเพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่กลุ่มธุรกิจที่มีความสนใจ นอกจากนี้กลุ่มธุรกิจยังจะมีข้อมูลที่สามารถใช้ในการประเมินความคุ้มค่าในการลงทุน นอกจากนี้ยังสามารถแบ่งความคุ้มค่าของงานวิจัยได้ออกเป็น ***ด้านวิชาการ*** คือ ได้ต้นแบบเครื่องสกัดแป้งจากกากมันสำปะหลัง ***ด้านเศรษฐกิจ*** จะเป็นการช่วยเพิ่มมูลค่าของกากมันสำปะหลังซึ่งเป็นผลพลอยได้จากกระบวนการผลิตแป้งมัน และช่วยเพิ่มทางเลือกของวัสดุชีวมวล อีกทั้งผลผลิตที่ได้ยังสามารถนำไปเป็นวัตถุดิบสำหรับการผลิตเอทานอลได้ ***ด้านสังคม*** เกิดเป็นกลุ่มอุตสาหกรรมการสกัดแป้งจากกากมันสำปะหลังซึ่งเป็นการส่งเสริมให้เกิดการจ้างแรงงาน ***ด้านสิ่งแวดล้อม*** ลดปัญหาเรื่องกลิ่นอันเนื่องมาจากการทำแห้งกากมันไม่ทัน และผลผลิตกากมันแห้งสามารถนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงชีวมวลได้จึงลดการตัดไม้ทำลายป่า

ผลประโยชน์ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับและกลุ่มเป้าหมายที่สามารถนำไปใช้งานแสดงใน

ตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับและสู่กลุ่มเป้าหมาย

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	กลุ่มเป้าหมาย
องค์ความรู้ในการวิจัยต่อไป กลุ่มเป้าหมาย	- กรมวิชาการเกษตร - มหาวิทยาลัยต่างๆ
บริการความรู้แก่ประชาชน	- สถานประกอบการ ประชาชน กลุ่มอุตสาหกรรม
บริการความรู้แก่ภาคธุรกิจ และนำไปสู่ การผลิตเชิงพาณิชย์	- ธุรกิจและอุตสาหกรรมผลิตแป้งมันสำปะหลัง - กลุ่มธุรกิจพลังงานทดแทนจากชีวมวล
ลดการพึ่งพาเทคโนโลยีจากต่างประเทศ	- ธุรกิจและอุตสาหกรรมผลิตแป้งมันสำปะหลัง - กลุ่มธุรกิจพลังงานทดแทนจากชีวมวล - มหาวิทยาลัยต่างๆ - กรมวิชาการเกษตร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 2
ปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 บทนำ

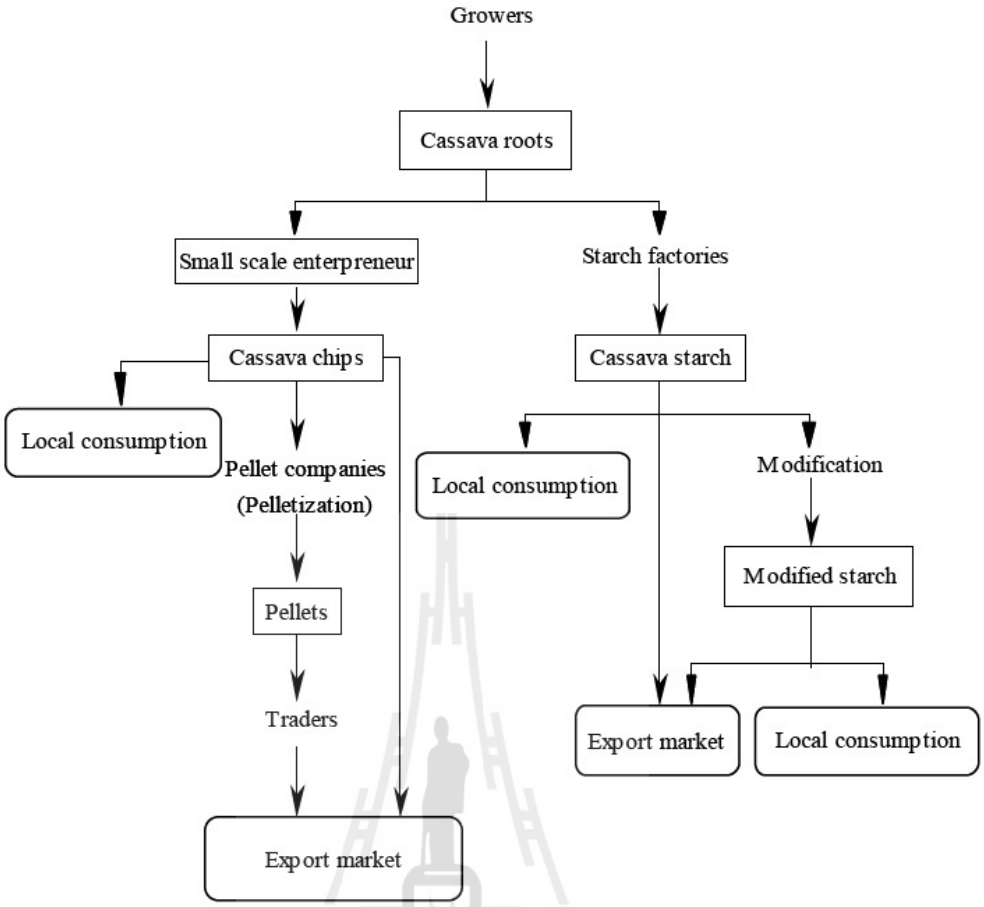
ในบทนี้จะเป็นการกล่าวนำถึงวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์มันสำปะหลัง การแปรรูปมันสำปะหลัง การศึกษาและพัฒนาต้นแบบการสกัดแป้งจากกากมันสำปะหลังด้วยระบบอุลตร้าโซนิคโดยมีรายละเอียดดังในหัวข้อต่อไป

2.2 สถานการณ์มันสำปะหลัง

มันสำปะหลังเป็นพืชที่มีศักยภาพด้านการตลาด เนื่องจากสามารถนำไปแปรรูป เป็นผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังในรูปต่าง ๆ เพื่อใช้ประโยชน์ได้นานาประการ ทั้งในรูปอาหารและมิใช่อาหาร เช่น มันเส้น มันอัดเม็ด ใช้เป็นส่วนประกอบอาหารสัตว์ และผลิตภัณฑ์แอลกอฮอล์ สำหรับแป้งมันสำปะหลังใช้ในอุตสาหกรรมต่อเนื่อง ได้แก่ อุตสาหกรรมอาหาร สารความหวาน ผงชูรส สิ่งทอ กระดาษ เป็นต้น รวมทั้งเอทานอลและภาชนะบรรจุย่อยสลายได้ทางชีวภาพ ซึ่งในอนาคตจะมีการใช้ผลิตภัณฑ์ดังกล่าวมากยิ่งขึ้น เพราะช่วยลดปัญหามลภาวะและสิ่งแวดล้อม ที่เกิดจากการใช้พลาสติกและโฟม ส่วนการส่งออกผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังไปยังต่างประเทศ คาดว่าจะเพิ่มขึ้นเช่นกัน เนื่องจากในปัจจุบันประเทศไทยได้มีการเปิดการค้าเสรีในรูปของทวิภาคีมากขึ้นโดยเฉพาะในตลาดนำเข้าที่สำคัญของไทย

ผลผลิตที่ได้จากต้นมันสำปะหลังล้วนแต่มีประโยชน์ทั้งโดยตรงต่อมนุษย์ในรูปของการบริโภคจากหัวมัน (หลังจากต้มหรือนึ่ง) หรือการใช้ประโยชน์ในรูปของอาหารสัตว์ในฟาร์มซึ่งจะใช้มันตากแห้งหรือใบ การผลิตอาหารสัตว์เพื่อการค้า การผลิตแป้งหรือผลิตภัณฑ์จากแป้ง ในประเทศไทย มันสำปะหลังจะไม่นิยมบริโภคโดยตรงจากการต้ม แต่ส่วนใหญ่จะนำมาบริโภคในรูปของแป้ง เช่น ผงชูรส (monosodium glutamate: MSG) หรือ อาหารที่ต้องผ่านกระบวนการอื่น

รูปที่ 2.1 แสดงเส้นทางการใช้มันสำปะหลังเริ่มตั้งแต่เกษตรกรไปจนถึงผู้บริโภคสุดท้ายทั้งภายในประเทศและต่างประเทศ เกษตรกรมีทางเลือกที่จะขายหัวมันเพื่อผลิตมันเส้นหรือผลิตแป้งก็ได้ ที่ลานผลิตมันเส้นหัวมันสดที่ความชื้นประมาณ 65% จะถูกลดความชื้นเหลือประมาณ 14-15% ซึ่งอาจจะนำมันเส้นนั้นมาทำมันอัดเม็ดเพื่อส่งออกต่อไป มันประเภทนี้ส่วนใหญ่ถูกนำไปเป็นอาหารสัตว์ ส่วนโรงงานแป้งมันสำปะหลัง หัวมันสดจะถูกเปลี่ยนเป็นแป้งดิบและอาจจะนำไปเป็นวัตถุดิบเพื่อผลิตเป็นแป้งดัดแปรอีกต่อไป หรืออาจจะนำไปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์อื่น เช่น ผงชูรส สารเพิ่มความหวาน และแอลกอฮอล์ เป็นต้น



รูปที่ 2.1 โครงสร้างตลาดมันสำปะหลังในประเทศไทย

2.3 การแปรรูปมันสำปะหลัง

หัวมันสำปะหลังสดโดยทั่วไปจะถูกส่งไปโรงงานมันเส้นหรือโรงงานแป้งในวันเดียวกับที่ทำการเก็บเกี่ยว ช่วงเวลาในการเก็บรักษาของหัวมันจะขึ้นอยู่กับขนาดของโรงงานและจำนวนหัวมันที่ได้รับเข้ามา หัวมันจะเข้ากระบวนการแปรรูปภายใน 2-5 วัน การสับและการลดความชื้น หรือ กระบวนการผลิตแป้งควรที่จะทำให้เสร็จภายใน 4 วันหลังการเก็บเกี่ยว เนื่องจากปริมาณแป้งจะลดลงจาก 24% เมื่อเริ่มเก็บเกี่ยว เหลือ 20% เมื่อเวลาผ่านไป 4 วัน และจะลดลงเหลือ 11% ถ้าเก็บไว้นาน 6 วัน คุณภาพของแป้งก็จะลดลงถ้ากระบวนการแปรรูปล่าช้า

1) อุตสาหกรรมมันเส้น

โดยทั่วไป ผู้ประกอบการมันเส้นจะเป็นเกษตรกรเองซึ่งจะมีโรงงานใกล้กับพื้นที่ที่ปลูกมันสำปะหลัง เครื่องมือในโรงงานจะประกอบไปด้วย เครื่องสับ รถตัก และ ลานตาก หัวมันสดจะถูกลำเลียงเข้าลานตัดโดยใช้แทรกเตอร์ขนาดเล็ก เมื่อได้มันเส้นสดก็จะถูกนำไปลดความชื้นโดยการตากในลานคอนกรีต ซึ่งมีขนาดประมาณ 5 ไร่ จนถึง 100 ไร่ ซึ่งกระจายรอบบริเวณที่ปลูกมัน มันเส้นซึ่งตากในอยู่ในลานจะถูกกลับโดยใช้คราดซึ่งติดตั้งกับรถแทรกเตอร์ เมื่อมันเส้นแห้ง (ความชื้นประมาณ 14-15%) ก็จะถูกรวมเป็นกองโดยใช้แทรกเตอร์ที่ติดใบกวาด

มันเส้นบางส่วนจะถูกใช้เป็นอาหารสัตว์รวมถึงเป็นวัตถุดิบสำหรับการผลิตกรดมะนาว (citric acid) แนวโน้มความต้องการมันเส้นภายในประเทศได้สูงขึ้นอย่างมากเนื่องจากนโยบายการผลิตเอทานอล สำหรับเชื้อเพลิง นอกจากนี้ยังพบว่าในการส่งออกมันเส้นพบว่า ส่งออกไปประเทศแถบยุโรปน้อยลงเนื่องจากตลาดมีความต้องการมันอัดเม็ด เนื่องจากมีปริมาณฝุ่นที่เกิดขึ้นน้อย ทำให้ไม่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในระหว่างการขนถ่าย อย่างไรก็ดี ในต่างประเทศมีแผนการผลิตเอทานอลเพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะประเทศจีนทำให้การส่งออกมันเส้น มีอัตราการเติบโตค่อนข้างมาก

2) อุตสาหกรรมมันอัดเม็ด

อุตสาหกรรมมันอัดเม็ดเริ่มครั้งแรก สองถึงสามปีหลังจากเริ่มมีการส่งออกมันไปสู่ยุโรป เนื่องจากมีความจำเป็นที่จะต้องพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้ได้ขนาดและรูปร่างตามที่ผู้ซื้อหรือผู้ใช้ต้องการ มันอัดเม็ดผลิตได้โดยการอัดมันเส้นผ่านหัวอัด (die) ขนาดใหญ่ ใช้ความชื้นและความร้อนเป็นตัวที่ช่วยในการขึ้นรูปซึ่งจะทำให้ได้มันอัดเม็ดที่เรียกว่า soft pellet ต่อมาได้มีการพัฒนาโดยจะบดมันเส้นก่อนแล้วตามด้วยการอัดโดยใช้ไอน้ำช่วย (stream extrusion) กระบวนการนี้จะทำให้มันอัดเม็ดที่แข็งกว่าซึ่งจะเรียกว่า hart pellet การส่งออกมันอัดเม็ดแบบ hard pellet ครั้งแรกเกิดขึ้นในปี 1981 และในปี 1989 มันที่ส่งออกสู่ยุโรปทั้งหมดเป็นมันอัดเม็ดแบบ hard pellet วัตถุดิบที่ใช้ทำมันอัดเม็ดจะใช้มันเส้น โดยราคาซื้อก็ถูกกำหนดโดยราคาส่งออกในกรุงเทพฯ ขึ้นอยู่กับคุณภาพของมันเส้นก็เป็นตัวแปรที่สำคัญโดยคุณภาพมันเส้นที่เป็นมาตรฐานคือ ความชื้นไม่เกิน 16% ปริมาณทรายไม่เกิน 4% (ผลรวมของตัวแปรสองตัวนี้ต้องไม่เกิน 20%) ถ้าความชื้นสูงกว่า 16% จะทำให้ถูกตัดราคา แต่ถ้าความชื้นต่ำกว่า 16% จะไม่มีการเพิ่มราคาให้ ในประเทศไทยมีโรงงานมันอัดเม็ดประมาณ 200 โรงงานซึ่งมีกำลังในการผลิตประมาณ 10 ล้านตัน/ปี อย่างไรก็ตามโควต้าในการรับซื้อมันอัดเม็ดในยุโรปมีเพียง 5 ล้านตัน/ปี ดังนั้น โรงงานเหล่านี้ผลิตมันอัดเม็ดเพียง 50% ของกำลังการผลิตทั้งหมด

3) อุตสาหกรรมแป้งมันสำปะหลัง

ตั้งแต่เริ่มมีการนำมันสำปะหลังเข้ามาปลูกในประเทศไทยทางภาคใต้ (1786-1840) อุตสาหกรรมขนาดเล็กของการแปรรูปอาหารประเภทมันสำปะหลังก็ได้รับเทคโนโลยีจากประเทศเพื่อนบ้าน (มาเลเซีย และ สิงคโปร์) โดยหัวมันจะถูกบดและผสมกับน้ำแล้วตามด้วยการตกตะกอนและลดความชื้นด้วยการตากทำให้ได้แป้งที่เรียกว่า cassava flour แต่ปัจจุบันเรียกว่า cassava starch ซึ่งจะถูกนำไปผลิตเป็นสาคู ซึ่งเป็นขนมหวานพื้นบ้านทางภาคใต้ของประเทศไทย

ความต้องการแป้งมันสำปะหลังเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วและทำให้มีการพัฒนากระบวนการผลิตแป้งที่ทันสมัยในปี 1970s จากการสำรวจทำให้เห็นว่ามีโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลังที่ทันสมัย 41โรงงาน ในปี 1996 ที่ได้ลงทะเบียนเข้ากับสมาคมแป้งมันสำปะหลังไทย (Thai Tapioca Flour Industries Trade Association) โรงงานเหล่านี้จะใช้เทคโนโลยีการแยกและการอบแห้งสมัยใหม่ เวลาในการผลิตทั้งหมดประมาณ 30 นาที ปัจจุบันโรงงานแป้งในประเทศไทยยังไม่มีการใช้กระบวนการตกตะกอนแป้ง

หัวมันสดประมาณ 4.75 ตันสามารถผลิตแป้งแห้งได้ 1 ตัน และประมาณ 40% ของแป้งที่ผลิตได้ จะใช้ภายในประเทศ และ อีก 60% ที่เหลือจะใช้สำหรับส่งออกต่างประเทศ การกระจายสู่ตลาดของแป้งมันสำปะหลังที่ผลิตได้จะแบ่งออกเป็น 3 ทาง ได้แก่ 1) ขายโดยตรงเพื่อการบริโภคและโรงงานในพื้นที่ 2) ขายไปสู่พ่อค้าคนกลางเพื่อขายปลีกในประเทศและส่งออกต่างประเทศ 3) ส่งออกต่างประเทศโดยตรง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

4) อุตสาหกรรมเอทานอล

หัวมันสดและมันเส้นสามารถนำมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตเอทานอล มีการคาดการณ์ว่าปริมาณการใช้เอทานอลในรถจะเพิ่มขึ้นจาก 0.3 ล้านลิตร/วันในปี 2005 มาเป็น 1.0 ล้านลิตร/วันในปี 2007 และ เป็น 3 ล้านลิตร/วันในปี 2011 ในช่วงปลายปี 2005 มีโรงงานที่ผลิตเอทานอลจาก molasses มีอยู่ 3 โรงงานด้วยกันโรงงานที่ผลิตเอทานอลจากมันสำปะหลังอย่างเดียวมีอยู่ 1 โรงงานซึ่งมีกำลังการผลิต 0.17 ล้านลิตร/วัน และสุดท้ายโรงงานที่ผลิตเอทานอลจากมันสำปะหลังและอ้อยอีก 1 โรงงานซึ่งมีกำลังการผลิต 0.675 ล้านลิตร/วัน ในปี 2008 คาดว่าจะมีโรงงานผลิตเอทานอล 8 โรงงานและมีกำลังการผลิตทั้งหมด 1.95 ล้านลิตร/วัน ปริมาณหัวมันสดที่ต้องการประมาณ 4.2 ล้านตัน/ต่อปี

2.4 ระบบอุลตร้าโซนิค (Ultrasonic)

ระบบอุลตร้าโซนิค หมายถึง คลื่นเสียงที่มีความถี่สูงเกินกว่าที่หูมนุษย์จะได้ยิน โดยทั่วไปแล้วหูของมนุษย์โดยเฉลี่ยจะได้ยินเสียงสูงถึงเพียงแค่ประมาณ 15 KHz เท่านั้น แต่พวกที่อายุยังน้อย ๆ อาจจะได้ยินเสียงที่มีความถี่สูงกว่านี้ได้ ดังนั้นโดยปกติแล้วคำว่าอุลตร้าโซนิคจึงมักจะหมายถึงคลื่นเสียงที่มีความถี่สูงกว่า 20 KHz ขึ้นไป จะสูงขึ้นจนถึงเท่าใดไม่ได้ระบุจำกัดเอาไว้

สาเหตุที่มีการนำเอาคลื่นย่านอุลตร้าโซนิคมาใช้ก็เพราะว่าเป็นคลื่นทีมีทิศทางทำให้เราสามารถเล็งคลื่นเสียงไปยังเป้าหมายที่ต้องการได้โดยเจาะจง เรื่องนี้เป็นคุณสมบัติของคลื่นอย่างหนึ่ง ยิ่งคลื่นมีความถี่สูงขึ้นความยาวคลื่นก็จะยิ่งสั้นลง ถ้าความยาวคลื่นยาวกว่าช่องเปิด (ที่ให้เสียงนั้นออกมา) ของตัวกำเนิดเสียงความถี่นั้นเช่น คลื่นความถี่ 300 Hz ในอากาศจะมีความยาวถึงประมาณ 1 เมตรเศษ ๆ ซึ่งจะยาวกว่าช่องที่ให้คลื่นเสียงออกมาจากตัวกำเนิดเสียงโดยทั่วไปมากมายคลื่นจะหักเบนที่ขอบด้านนอกของตัวกำเนิดเสียงทำให้เกิดการกระจายทิศทางคลื่นแต่ถ้าความถี่สูงขึ้นมาอยู่ในย่านอุลตร้าโซนิค อย่างเช่น 40 KHz จะมีความยาวคลื่นในอากาศเพียงประมาณ 8 มม. เท่านั้นซึ่งเล็กกว่ารูเปิดของตัวที่ให้กำเนิดเสียงความถี่นี้มากคลื่นเสียงจะไม่มีการเลี้ยวเบนที่ขอบจึงพุ่งออกมาเป็นลำแคบ ๆ หรือที่เราเรียกว่า มีทิศทาง

การมีทิศทางของคลื่นเสียงย่านอุลตร้าโซนิคทำให้เรานำไปใช้งานได้หลายอย่าง เช่น นำไปใช้ในเครื่องควบคุมระยะไกล (Ultrasonic remote control) เครื่องล้างอุปกรณ์ (Ultrasonic cleaner) โดยให้น้ำสั่นที่ความถี่สูง เครื่องวัดความหนาของวัตถุโดยสังเกตระยะเวลาที่คลื่นสะท้อนกลับมา เครื่องวัดความลึกและทำแผนที่ใต้ท้องทะเล ใช้ในเครื่องหาตำแหน่งอวัยวะบางส่วนในร่างกาย ใช้ทดสอบการรั่วไหลของท่อ เป็นต้น โดยความถี่ที่ใช้ขึ้นอยู่กับการใช้งาน เช่น คลื่นเสียงต้องเดินทางผ่านอากาศแล้ว ความถี่ที่ใช้ก็มักจะจำกัดอยู่เพียงไม่เกิน 50 KHz เพราะที่ความถี่สูงขึ้นกว่านี้อากาศจะดูดกลืนคลื่นเสียงเพิ่มขึ้นมาก ทำให้ระดับความแรงของคลื่นเสียงที่ระยะห่างออกไปลดลงอย่างรวดเร็ว ส่วนการใช้งานด้านการแพทย์ซึ่งต้องการรัศมีทำการสั้น ๆ ก็อาจใช้ความถี่ในช่วง 1 MHz ถึง 10 MHz

ขณะที่ความถี่เป็น GHz (10^9 Hz) ก็มีใช้กันในหลาย ๆการใช้งานที่ตัวกลางที่คลื่นเสียงเดินทางผ่านไม่ใช่อากาศ

อุปกรณ์ที่สามารถแปลงพลังงานในรูปอื่นให้มาเป็นพลังงานทางกลโดยการสั่นไปมา ซึ่งทำให้เกิดคลื่นเสียงย่านอุลตร้าโซนิคกระจายไปในอากาศได้หรือแปลงพลังงานทางกลให้มาเป็นพลังงานในรูปอื่นได้นั้น มีชื่อเรียกว่า อัลตร้าโซนิคทรานสดิวเซอร์ (Ultrasonic Transducer) ในปัจจุบันอุลตร้าโซนิคทรานสดิวเซอร์มีหลายแบบขึ้นอยู่กับหลักการที่ใช้ แบบที่นิยมใช้กันมากได้แก่

แบบเปียโซอิเลคทริก (Piezo-electric Transducer) ซึ่งแปลงไปมาระหว่างพลังงานไฟฟ้าและพลังงานทางกล โดยมีความถี่เรโซแนนซ์คงที่อยู่ค่าหนึ่ง

แบบแมกนีโตสตริคทีฟ (Magnetostrictive Transducer) ซึ่งแปลงไปมาระหว่างพลังงานไฟฟ้าในขดลวดกับตำแหน่งความยาวของแกนเหล็กที่สวมขดลวดนั้นอยู่

แบบอิเลคโตรสตริคทีฟ (Electrostrictive Transducer) ซึ่งแปลงไปมาระหว่างพลังงานไฟฟ้ากับพลังงานทางกล

ทรานสดิวเซอร์แบบเปียโซอิเลคทริค ภายในตัวอุลตร้าโซนิคทรานสดิวเซอร์แบบเปียโซอิเลคทริค แบบที่มีใช้กันในปัจจุบันซึ่งได้รับการพัฒนากันมาในระดับหนึ่งแล้วจะประกอบด้วยชิ้นสารเซรามิคสี่เหลี่ยมซึ่งมีผิวโลหะเงินฉาบอยู่ทั้ง 2 หน้าเพื่อให้ต่อสายไฟออกมาเป็นขา 2 ขา ชิ้นสารเซรามิคนี้ประกอบขึ้นจากสารเซรามิค 2 ชิ้น ประกบกันอยู่โดยวางให้ขั้วไดโพลทางไฟฟ้าภายในอะตอมของมันมีทิศทางตรงข้ามกันดังรูป

(ก) (ข)

รูปที่ 2.2 ทรานสดิวเซอร์แบบเปียโซอิเลคทริค

(ก) โครงสร้างภายในตัวอุลตร้าโซนิคทรานสดิวเซอร์แบบเปียโซอิเลคทริคที่ใช้สารเซรามิค

(ข) เมื่อป้อนแรงดันให้แก่ตัวมันจะทำให้ชิ้นสารเซรามิคโก่งงอไปมาทำให้เกิดคลื่นเสียงอุลตร้าโซนิคกระจายไปในอากาศ

ชิ้นสารเซรามิคถูกยึดติดภายในตัวถังอย่างดีเพื่อไม่ให้การสั่นขณะที่มันทำงานอยู่ได้รับผลกระทบกระเทือนจากภายนอกตัวถังมักจะเป็นรูปทรงกระบอกที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางและมีความสูงประมาณ 1 ถึง 2.5 ซม. ด้านหน้าทำเป็นช่องเปิดมีตะแกรงติดอยู่เพื่อให้คลื่นอุลตร้าโซนิคเข้ามาหรือออกจากช่องเปิดได้โดยสะดวก ถ้าตัวถังทำมาจากโลหะก็ควรต่อตัวถังลงกราวด์เพื่อทำหน้าที่ชีลด์ สำหรับบางยี่ห้อเขาจะต่อขาหนึ่งติดกับตัวถังมาให้เลย เมื่อพลิกดูขา 2 ขาที่โผล่ออกมาจากตัวถังจะเห็นมีขาหนึ่งติดกับตัวถัง

เมื่อมีสัญญาณแรงดันมาตกคร่อมขั้วทั้งสองของชิ้นสารเซรามิคดังรูป (ข) จะทำให้ชิ้นสารโก่งงอมากหรือน้อยหรือในทิศทางใดตามขนาดและทิศทางการเปลี่ยนแปลงขนาดของสัญญาณนั้น ๆ ทำให้เกิดการกดอัดอากาศโดยรอบเกิดเป็นคลื่นเสียงที่มีความถี่เดียวกับสัญญาณนั้นออกไป โดยทั่ว ๆ ไปกำลังเอาท์พุทที่ออกมาจะตกประมาณ 10% ของกำลังไฟฟ้าที่ป้อนเข้าไป แต่กำลังเอาท์พุท์จะสูงสุดที่ค่าประมาณนี้ต่อเมื่อความถี่ของสัญญาณตรงกับความถี่เรโซแนนซ์ซึ่งเป็นความถี่ทางกลตามธรรมชาติของชิ้นสารเซรามิคนั้น ๆ ส่วนที่ความถี่อื่น ๆ กำลังเอาท์พุทจะลดลงกว่านี้มาก

ในทำนองกลับกันเมื่อมีคลื่นเสียงที่มีความถี่ตรงกับความถี่เรโซแนนซ์ของชิ้นสารเซรามิคเข้ามาจะทำให้ชิ้นสารโก่งงอไปมาและเกิดสัญญาณแรงดันซึ่งมีขนาดเล็กขึ้นมาคร่อมขั้วทั้งสองของตัวมันเองได้ คุณสมบัติโดยทั่วไปของอุลตร้าโซนิคทรานสดิวเซอร์แบบเปียโซอิเลคตริคก็คือมีค่าความต้านทานไฟตรงสูงมากอาจสูงถึง 100 MW เรียกว่าถ้าเอามัลติมิเตอร์ธรรมดามาตั้งสเกลวัดค่าความต้านทานสูง ๆ เข็มจะไม่กระดิกเลย แต่ในขณะที่มันทำงานความต้านทานทางด้านไฟสลับจะลดลง

ตัวส่งและตัวรับ

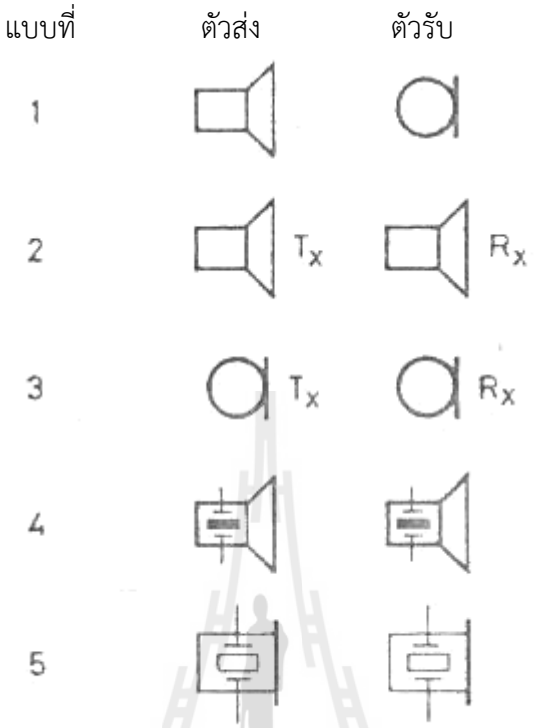
ทรานสดิวเซอร์แบบเปียโซอิเลคทริคที่ใช้สารเซรามิค (หรือที่ผู้ผลิตบางรายเรียกว่าอุลตร้าโซนิคทรานสดิวเซอร์แบบเซรามิค) จะมีอยู่ 2 อย่าง คือ ตัวส่งหรือ Transmitter และ ตัวรับ (เสียง) หรือ Receiver

ตัวส่ง

ก็คืออุลตร้าโซนิคทรานสดิวเซอร์ที่ถูกออกแบบเจาะจงมาให้แปลงสัญญาณไฟฟ้าที่ให้แก่ตัวมัน ให้ออกมาเป็นคลื่นเสียงย่านอุลตร้าโซนิค หน้าที่ของตัวส่งจึงคล้าย ๆ กับเป็นลำโพง

ตัวรับ

ก็คืออุลตร้าโซนิคทรานสดิวเซอร์ที่ถูกออกแบบเจาะจงมาให้แปลงคลื่นเสียงย่านอุลตร้าโซนิคที่มาตกกระทบตัวมันให้ออกมาเป็นสัญญาณไฟฟ้า หน้าที่ของตัวรับจึงคล้าย ๆ กับเป็นไมโครโฟน ด้วยเหตุนี้เวลาเขียนสัญลักษณ์ของอุลตร้าโซนิคทรานสดิวเซอร์จึงนิยมเขียนตามหน้าที่ของมันคือถ้าเป็นตัวส่งก็เขียนสัญลัษณ์เป็นลำโพง ถ้าเป็นตัวรับก็เขียนสัญลักษณ์เป็นไมโครโฟน ดังแสดงใน**รูปที่ 2.3**



รูปที่ 2.3 สัญลักษณ์ของอุลตร้าโซนิคทรานสดิวเซอร์

รูปที่ 2.3 แสดงตัวอย่างการเขียนสัญลักษณ์ของอุลตร้าโซนิคทรานสดิวเซอร์แบบต่างๆ กันอุลตร้าโซนิคทรานสดิวเซอร์แบบเซรามิคที่มีจำหน่ายกันจะมีค่าความถี่เรโซแนนซ์ให้เลือกตั้งแต่ 23 KHz ขึ้นไปจนถึง 40 KHz แต่ที่พบเห็นกันบ่อยก็มี 23 KHz, 25 KHz, และ 40 KHz โดยความถี่ 40 KHz เป็นรุ่นที่นิยมใช้กันมากที่สุดเพราะมีทิศทางดีกว่า

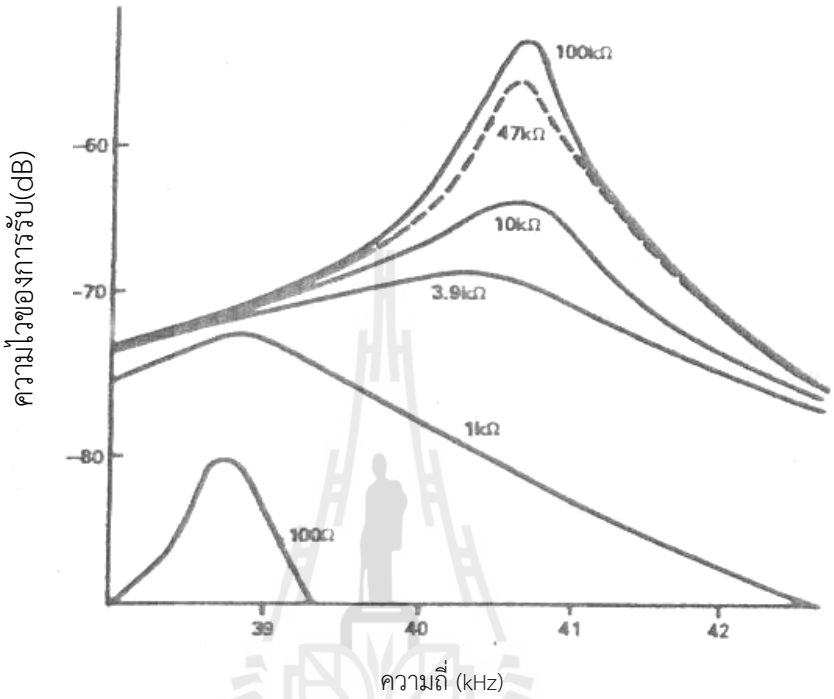
ข้อควรรู้ในการใช้งานตัวส่งและตัวรับ

เนื่องจากสเปคตลอดจนรายละเอียดต่าง ๆ ของอุลตร้าโซนิคทรานสดิวเซอร์หาได้ยาก ดังนั้นจึงสามารถที่จะสรุปสิ่งที่ควรรู้ในขั้นต้นของอุปกรณ์อุลตร้าโซนิคทรานสดิวเซอร์เพื่อเป็นแนวทางในการใช้งานดังนี้

1. ไม่ควรให้ตัวทรานสดิวเซอร์ได้รับการกระแทกหรือตกจากที่สูง เพื่อป้องกันโครงสร้างภายในมิให้เสียหาย
2. ทรานสดิวเซอร์ที่มีขายกันโดยทั่วไปจะทนแรงดันตกคร่อมตัวมันสูงสุดได้ไม่เกินกว่า 20 V_{rms} ดังนั้นขนาดของสัญญาณที่จะป้อนให้กับทรานสดิวเซอร์ก็ควรจะอยู่ภายในขีดจำกัดอันนี้

3. ความถี่เรโซแนนซ์ (ความถี่ที่ตัวมันทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด) ของทรานสดิวเซอร์ 40 KHz ที่มีขายกันโดยทั่วไปจะผิดพลาดไปไม่เกิน ± 1 KHz และมีแถบความถี่ (Bandwidth) ประมาณ 4.5 KHz สำหรับตัวส่ง และมีแถบความถี่ประมาณ 5.0 KHz สำหรับตัวรับ จะเห็นได้ว่าแถบความถี่ของตัวรับจะกว้างกว่าของตัวส่งอยู่เล็กน้อย เพื่อให้แน่ใจว่าตัวรับจะสามารถรับความถี่ทั้งหมดที่ออกมาจากตัวส่งได้
4. อุณหภูมิใช้งานของตัวทรานสดิวเซอร์ควรอยู่ภายในช่วง –20 ° C ถึง +60° C
5. ทั้งตัวส่งและตัวรับจะมีทิศทางคล้ายคลึงกันมากกล่าวคือ ที่ตำแหน่งเบนจากแนวแกนของตัวส่งไปประมาณ 30° ความแรงของคลื่นเสียงที่ถูกส่งออกไปจะลดลงจากแนวแกนประมาณ 10 dB ในทำนองเดียวกันถ้าคลื่นเสียงพุ่งเข้ามาในแนวที่เบี่ยงเบนไปจากแนวแกนขอตัวรับไปประมาณ 30° ความไวหรือขนาดแรงดันทีออกมาก็ลดลงไปประมาณ 10 dB ด้วยเช่นกัน ดังนั้นในการใช้งานที่เป็นการควบคุมระยะไกลในที่โล่งแจ้งจึงควรพยายามให้ทั้งตัวรับและตัวส่งอยู่ในแนวที่พุ่งตรงเข้าหากันให้มากที่สุด อย่างไรก็ตามในกรณีที่อยู่ในห้องอาจจะเบี่ยงเบนจากกันได้มากหน่อย เพราะคลื่นเสียงอุลตร้าโซนิคสามารถสะท้อนกับกำแพง พื้น และวัตถุที่อยู่ภายในห้อง ทำให้คลื่นเสียงเข้าไปหาตัวรับได้หลายทาง
6. ในกรณีที่ใช้งานตัวรับจะต้องมีตัวต้านทานต่อขนานกับตัวรับเพื่อทำหน้าที่เป็นโหลด ตามปกติแล้วตัวต้านทานตัวนี้ควรมีค่าอยู่ในช่วงจาก 10 kW - 100 kW จากการทดลองพบว่าถ้าเปลี่ยนโหลดจาก 100 kW มาเป็น 10 kW ความไวจะลดลงประมาณ 10 ถึง 20 dB แต่แถบความถี่จะกว้างขึ้น ถ้าใช้ค่าความต้านทานต่ำลงไปอีก ความถี่เรโซแนนซ์ (ความถี่กลาง) จะลดลงไปจากที่ระบุไว้ ถ้าการใช้งานมีสัญญาณรบกวนมากควรใช้โหลดที่มีความต้านทานสูงสักหน่อย เพื่อให้ตัวส่งมีความไวสูงและมีแถบความถี่แคบ ตัวอย่างการทดสอบแสดงไว้ดัง**รูปที่ 2.4**

ตามปกติแล้วเราสามารถนำเอาตัวส่งและรับมาใช้งานแทนกันได้ในการใช้งานส่วนใหญ่ และตัวส่งหรือตัวรับของยี่ห้อใด รุ่นใด ก็สามารถที่จะนำมาใช้แทนกันได้ในงานส่วนใหญ่ ขอเพียงแต่ให้มีความถี่เรโซแนนซ์เดียวกันเท่านั้นเอง อย่างไรก็ตามในบางกรณีอาจต้องเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานสมมูลย์ทางด้านไฟสลับเพื่อให้ลักษณะผลตอบสนองทางความถี่สอดคล้องกับของเดิม มักจะใช้เป็นภาครับ และ ภาคส่ง อาจมีระบบซึ่งประกอบด้วยส่วนหลัก ๆ แยกกันอยู่ 2 ส่วน ในระหว่างการทำงาน เซ็นเซอร์จะทำการส่งสัญญาณเสียงซึ่งเรียกว่า “ซาวด์พาร์เซลส์” (Sound parcels) ให้ขบวนการทางอิเล็กทรอนิกส์ ของเวลาทำงานไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งมีการ รับการสะท้อนครั้งแรกเกิดขึ้น



รูปที่ 2.4 แสดงผลการทดลองตัวรับตัวหนึ่งโดยลองเปลี่ยนโหลดเป็นค่าต่าง ๆ กัน แล้วป้อนคลื่นเสียงความถี่ต่างๆกันเข้ามา

2.5 คาวิเตชัน (Cavitation) (Mason, 1991)

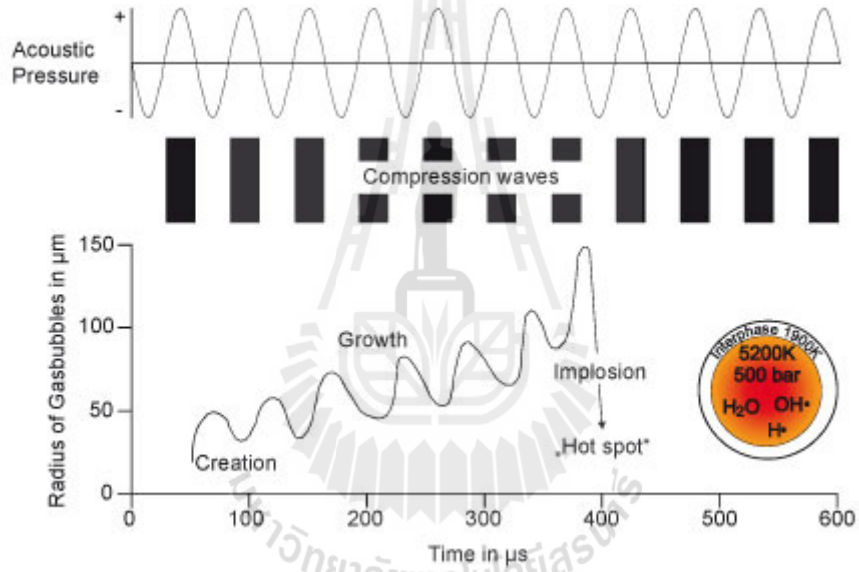
การใช้ประโยชน์จากคลื่นอัลตราโซนิคโดยผ่านตัวกลางที่เป็นของเหลวนั้น พลังงานจากคลื่นเสียง (20-100 kHz) ที่ใส่ลงไปไม่ได้ส่งผลกระทบโดยตรงต่อโมเลกุลของสารที่ละลายอยู่ในของเหลวนั้น ๆ แต่เกิดจากการยุบตัว (collapse) ของฟองอากาศขนาดเล็ก ๆ (micro bubbles) ในของเหลว ซึ่งเกิดจากสภาวะแรงดันที่เป็นลบ (negative pressure) ที่ถูกส่งผ่านมาทางคลื่นเสียง การเกิดคาวิเตชันมาจากการที่เสียงอัลตราโซนิคที่ส่งออกมาในรูปแบบของคลื่นที่มีการอัดและขยายผ่านตัวกลางของเหลวเกิดสภาวะแรงดันที่เป็นลบภายในตัวกลาง ซึ่งถ้ามีแรงดันที่เป็นลบที่เกิดจากการส่งผ่านคลื่นเสียงนี้มากเพียงพอที่ทำให้ระยะห่างระหว่างโมเลกุลของตัวกลางมากกว่าระยะวิกฤติ จะส่งผลให้เกิดการยุบตัว ของโมเลกุลตัวกลาง เกิดเป็นฟองอากาศขนาดเล็ก ๆ ซึ่งเราเรียกปรากฏการณ์นี้ว่า การเกิดคาวิเตชัน (Cavitation) แสดงในรูปที่ 2.11ความรุนแรงจากการยุบตัวนี้ จะทำให้เกิดการปลดปล่อย

พลังงานรอบ ๆ ฟองอากาศขนาดเล็ก ซึ่งพบว่าอุณหภูมิที่เกิดขึ้นมีค่าประมาณ 5,000 เคลวิน และมีแรงดันที่สูงถึง 1,000 atm (Suslick, 1989)

2.6 ปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดคาวิเตชัน (Timothy, 2003)

1) ความถี่ (frequency) ที่ความถี่ต่าง ๆ กันจะทำให้การเกิดคาวิเตชันต่างกัน โดยพบว่าเมื่อทำการเปลี่ยนแปลงความถี่จาก 10 kHz ไปเป็น 400 kHz จะต้องเพิ่มกำลังส่งสูงถึง 10 เท่า เพื่อทำให้ผลของการเกิดคาวิเตชันออกมาเท่า ๆ กัน

2) ความหนืดของสารละลาย (solvent viscosity) เมื่อความหนืดของของเหลวที่เป็นตัวกลางการส่งพลังงานมีค่าสูงขึ้น ส่งผลให้แรงยึดเหนี่ยวภายในสูงขึ้น ปริมาณการเกิดฟองอากาศขนาดเล็ก ๆ (micro bubbles) ย่อมเกิดได้ยากกว่าสารละลายที่มีความหนืดน้อย



รูปที่ 2.5 หลักการเกิดคาวิเตชัน (Timothy, 2003)

3) ความตึงผิวของสารละลาย (solvent surface tension) สารละลายที่เป็นตัวกลางที่มีความตึงผิวต่ำนั้นส่งผลกระทบโดยตรงต่อการเกิดคาวิเตชัน กล่าวคือเมื่อเมื่อความตึงผิวมีค่าต่ำมากความรุนแรงในการระเบิดของฟองอากาศย่อมมีค่าน้อย เมื่อเปรียบเทียบกับสารที่มีความตึงผิวสูง แต่ต้องแลกกับการที่ต้องใส่พลังงานเพิ่มขึ้น

4) แรงดันไอของสารละลาย (solvent vapor pressure) ความสัมพันธ์ของแรงดันไอของสารละลายที่มีค่าต่ำต่อการเกิดคาวิเตชันย่อมมีค่าต่ำเช่นเดียวกัน เพราะฉะนั้นพบว่าเมื่อความดันไอของสารตัวกลางมีค่าสูงขึ้น ย่อมมีการเกิดคาวิเตชันเพิ่มขึ้นสูงตามไปด้วย แต่พบว่าเมื่อความดันไอมีค่าสูงเกินไปจะทำให้ความรุนแรงในการระเบิดของฟองอากาศมีค่าลดต่ำลงตามลำดับ

5) อุณหภูมิ (temperature) เมื่อเพิ่มอุณหภูมิภายนอกให้กับตัวกลางของเหลวจะทำให้แรงดันไอของของเหลวนั้น ๆ มีค่าเพิ่มสูงขึ้น ทำให้มีโอกาสในการเกิดคาวิเตชันสูงขึ้น แต่จะทำให้ความรุนแรงในการระเบิดลดต่ำลง ซึ่งพบว่าเมื่อให้ความร้อนกับสารละลายจนถึงจุดเดือดจะทำให้ผลของการเกิดคาวิเตชันลดลงอย่างเห็นได้ชัด

6) ฟองอากาศ (bubbled gas) ปริมาณแก๊สที่ละลายอยู่ในของเหลวตัวกลางที่มีค่าอยู่ในระดับหนึ่งจะเป็นตัวช่วยทำให้เกิดคาวิเตชันได้ง่ายขึ้น เนื่องจากแก๊สเหล่านั้นจะเป็นเสมือน nuclei ทำให้เกิดเป็นฟองอากาศขนาดเล็กได้ง่าย แต่ถ้ามีปริมาณที่มากเกินไปจะทำให้เกิดการแพร่เข้าไปในฟองอากาศซึ่งจะทำให้ลดความรุนแรงของการเกิดคาวิเตชัน

7) ความดัน (External pressure) เมื่อทำการเพิ่มความดันภายนอกให้กับระบบจะส่งผลให้การเกิดคาวิเตชันมีค่าสูงขึ้น และส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของปฏิกิริยาทางเคมีของเสียงด้วย ซึ่งจากการทดลองของ Cum et al., 1988 ได้ข้อสรุปว่าที่ความถี่ใด ๆ เมื่อเพิ่มความดันจนถึงค่าที่เหมาะสมจะทำให้เกิดปฏิกิริยาทางเคมีของเสียงสูงที่สุด

8) ความเข้ม (intensity)ความเข้มของพลังงานที่ส่งผ่านเป็นสัดส่วนโดยตรงต่อแอมปลิจูด(amplitude) ของสัญญาณคลื่นเสียง ซึ่งเมื่อเพิ่มความเข้มของสัญญาณให้สูงขึ้นจะทำให้เกิดผลของปฏิกิริยาทางเคมีของเสียงเพิ่มขึ้นตามไปด้วย แต่การเพิ่มความเข้มของสัญญาณที่สูงขึ้นจะส่งผลถึง 1) การผุกร่อนของตัวกระจายสัญญาณ 2) ความเข้มที่สูงขึ้นส่งผลให้เกิดการ decoupling ระหว่างผิวของตัวส่งสัญญาณและตัวกลางของเหลวทำให้ประสิทธิภาพของการเกิดคาวิเตชันลดลง3) เมื่อเพิ่มความเข้มจะทำให้มีโอกาสเกิดคาวิเตชันสูงขึ้นมีฟองขนาดเล็กมากขึ้น จนทำให้เมื่อมีฟองอากาศมากเกินไปเกิดการรวมตัวกันเป็นฟองอากาศที่ใหญ่ขึ้นและไปลดทอนความเข้มของสัญญาณ (Benes et al., 2008)

9) การลดความแรงของพลังงาน (attenuation of sound) เมื่อคลื่นเสียงผ่านตัวกลางที่เป็นของเหลวจะเกิดการสูญเสียความเข้มของสัญญาณหรือพลังงานลดลงอยู่ในรูปของความร้อน ดังนั้นหากต้องการให้พลังงานส่งออกไปอย่างทั่วถึงในตัวกลางจึงจำเป็นต้องเพิ่มความเข้มของสัญญาณให้เหมาะสม ยกตัวอย่างเช่น พลังงานคลื่นเสียงความถี่ 118 kHz ที่ส่งผ่านตัวกลางที่เป็นน้ำจะมีค่าลดลงถึงร้อยละ 50 ที่ระยะทาง 1 กิโลเมตร

บทที่ 3
เครื่องมือและวิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 กรอบแนวคิด

การศึกษา“**การสกัดแป้งจากกากมันสำปะหลังโดยใช้ระบบอุลตร้าโซนิค**” นี้ มีรูปแบบในการวิจัย ที่ใช้เครื่องมือทางด้านวิทยาศาสตร์ และทางวิศวกรรมเข้ามาช่วย ซึ่งจะเป็นการศึกษาวิธีการสกัดแป้งจากกากมันสำปะหลังด้วยระบบอุลตร้าโซนิคเพื่อทำให้แป้งหลุดออกจากเส้นใยได้มากขึ้น โดยจะศึกษาการการทำงานของระบบอุลตร้าโซนิค และพารามิเตอร์ต่างๆที่มีผลต่อการสกัดแป้งจากกากมันสำปะหลังซึ่ง ประกอบด้วย การศึกษาวงจรเรียงกระแสไฟฟ้าและกรองกระแสไฟฟ้าทางด้านอินพุต(Power Rectifier & Filter) การศึกษาวงจรขยายกำลัง (Power Amp) การศึกษาวงจรสร้างและขยายความถี่ (Oscillator & Driver Amp) และการศึกษาวงจรรีโซแนนและขดลวดหม้อแปลง (Load Resonant & coil Transformer) เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ เพื่อการพัฒนาต้นแบบการสกัดแป้งจากกากมันสำปะหลังให้มีประสิทธิภาพสูงสุด สะดวกในการใช้งาน ราคาถูก และนำเสนอเป็นผลงานนวัตกรรมสำหรับผู้สนใจต่อไป

3.2 ขั้นตอน วิธีการศึกษา และเครื่องมือวิเคราะห์

รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการศึกษา

1) วิเคราะห์คุณสมบัติของกากมันสำปะหลัง ทางกายภาพ (ความชื้น, ความหนาแน่น) องค์ประกอบแบบประมาณ (%VM, %FC, %Ash, Calorific value) , องค์ประกอบธาตุอาหารและสารอื่น % Fiber, %Strach content, %Protein, %Fat, Cellulose, Hemicellulose, Lignin, องค์ประกอบแบบแยกธาตุ (%C, %H, %N, %S) ดังนี้

- Gross Calorific Value—Test Method ASTM E E 711-87
- Ash—Test Method ASTM E D 1102-84
- Volatile Matter—Test Method ASTM E E 872-82
- Bulk Density — Test Method ASTM E E873-82
- ความชื้น, เถ้า, โปรตีน, ไขมัน, คาร์โบไฮเดรต, แป้ง และเส้นใย : Food Analysis Laboratory Manual. รศ.ดร. กนกอร อินทราพิเชฐ. สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
- อะไมโลส และอะไมโลเฟคติน : R. Hoover and W.S. Ratnayake. Current Protocols in Food Analytical Chemistry. 2001. E2.3.1-E2.3.5
- น้ำตาล reduce : Bernfield method
- เซลลูโลส : 1) George J. Ritter. Determination of Alpha-Cellulose. Industrial and Engineering Chemistry. Analytical edition. Vol.1, No 1,1929. 2) Sun, J.X., X.F. Su n , H. Zhao, R.C. Sun, 2004. Isolation and characterization of cellulose from sugarcane bagasse. Polym. Degrad. Stab., 84: 331-339.
- ลิกนิน : Aldaeus, Fredrik; Schweinebarth, Hannah: Torngren, Per; Jacobs, Anna. Simplified determination of total lignin content in kraft lignin samples and black liquors. Holzforschung-International Journal of the Biology, Chemistry, Physics and Technology of wood. Vol. 65 (4), 2010.
- เฮมิเซลลูโลส : 1) R.L. Mitchell and Geo. J.Ritter. Composition of Hemicellulose Isolated from Maple Wood. Industrial and Engineering Chemistry. Vol. 62, 1940. 2) Sun, J.X., X.F. Su n , H. Zhao, R.C. Sun, 2004. Isolation and characterization of cellulose from sugarcane bagasse. Polym. Degrad. Stab., 84: 331-339.

2) การออกแบบวงจรเรียงกระแสไฟฟ้าและกรองกระแสไฟฟ้าทางด้านอินพุต (Power Rectifier & Filter) วงจรขยายกำลัง (Power Amp) วงจรสร้างและขยายความถี่ (Oscillator &Driver

Amp) และวงจรรีโซแนนและขดลวดหม้อแปลง (Load Resonant & coil Transformer) ของเครื่องอุลตร้าโซนิคสำหรับนำมาใช้สกัดแป้งจากกากมันสำปะหลัง

3) สร้างต้นแบบระบบอุลตร้าโซนิคสำหรับใช้การสกัดแป้งจากกากมันสำปะหลัง

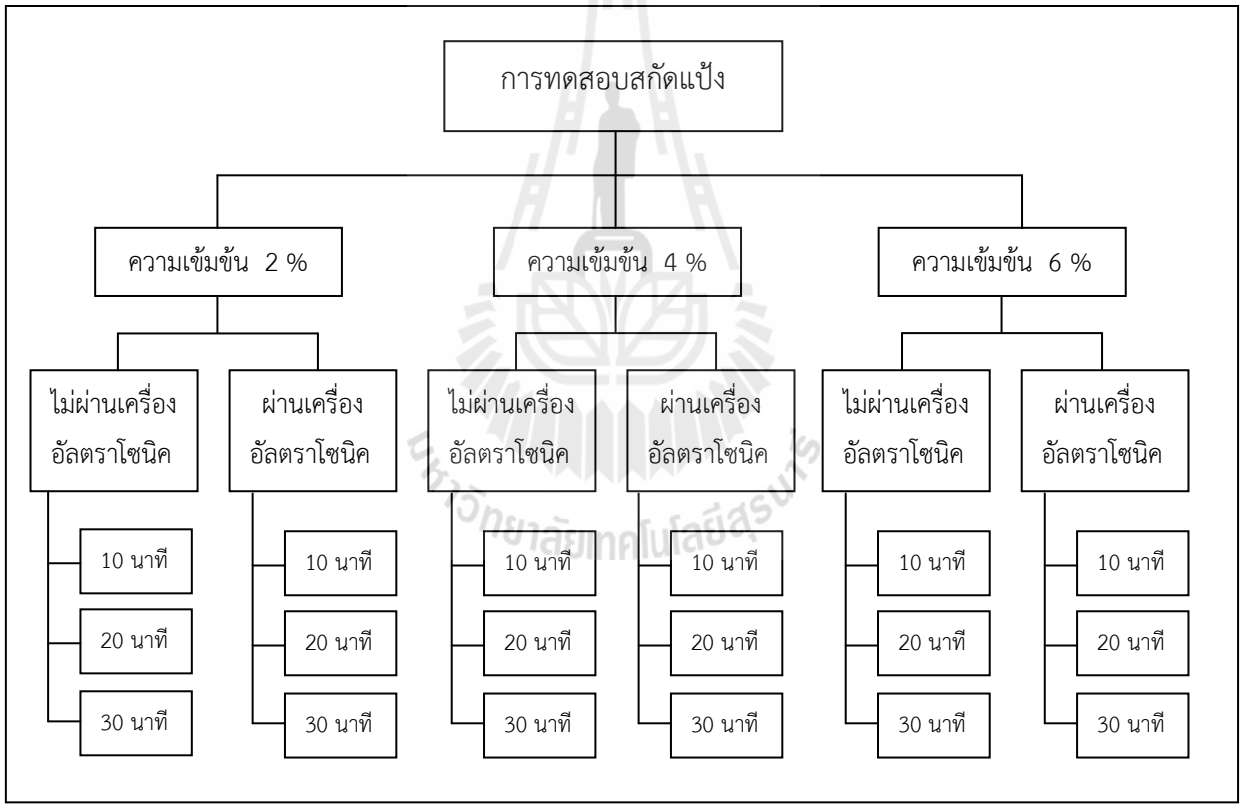
4) ทดสอบผลการทำงานของเครื่องอุลตร้าโซนิคกับกากมันสำปะหลัง

เมื่อสร้างต้นแบบแล้วทำการทดสอบสกัดแป้งมันสำปะหลังที่ความเข้มข้น 2 และ 4% ของแข็ง ที่เวลาต่างๆ ดังสภาวะดังต่อไปนี้

การเตรียมกากมันแห้ง

เตรียมตัวอย่างกากมันแห้งบดละเอียดร่อนผ่านตะแกรงขนาด 250 ไมครอน ผสมลงในน้ำกลั่นที่สัดส่วน 2 % ของแข็ง (กากมันแห้ง) และ 4 % ของแข็ง (กากมันแห้ง)

ทดสอบสกัดแป้งจากกากมันสำปะหลัง



รูปที่ 3.2 ขั้นตอนการการทดสอบสกัดแป้งด้วยเครื่องอัลตราโซนิค

<u>ความเข้มข้น 2 % ของแข็ง (กากมันแห้ง)</u>

สภาวะที่ 1 กากมันสำปะหลังแห้งที่ผ่านการแช่น้ำ 10 นาที ไม่ผ่านการสกัดแป้งด้วยต้นแบบเครื่องอัลตราโซนิค

สภาวะที่ 2 กากมันสำปะหลังที่ผ่านการสกัดแป้งด้วยต้นแบบเครื่องอัลตราโซนิค เป็นเวลา 10 นาที

สภาวะที่ 3 กากมันสำปะหลังแห้งที่ผ่านการแช่น้ำ 20 นาที ไม่ผ่านการสกัดแป้งด้วยต้นแบบเครื่องอัลตราโซนิค

สภาวะที่ 4 กากมันสำปะหลังที่ผ่านการสกัดแป้งด้วยต้นแบบเครื่องอัลตราโซนิค เป็นเวลา 20 นาที

<u>ความเข้มข้น 4 % ของแข็ง (กากมันแห้ง)</u>

สภาวะที่ 1 กากมันสำปะหลังแห้งที่ผ่านการแช่น้ำ 10 นาที ไม่ผ่านการสกัดแป้งด้วยต้นแบบเครื่องอัลตราโซนิค

สภาวะที่ 2 กากมันสำปะหลังที่ผ่านการสกัดแป้งด้วยต้นแบบเครื่องอัลตราโซนิค เป็นเวลา 10 นาที

สภาวะที่ 3 กากมันสำปะหลังแห้งที่ผ่านการแช่น้ำ 20 นาที ไม่ผ่านการสกัดแป้งด้วยต้นแบบเครื่องอัลตราโซนิค

สภาวะที่ 4 กากมันสำปะหลังที่ผ่านการสกัดแป้งด้วยต้นแบบเครื่องอัลตราโซนิค เป็นเวลา 20 นาที

<u>ความเข้มข้น 6 % ของแข็ง (กากมันแห้ง)</u>

สภาวะที่ 1 กากมันสำปะหลังแห้งที่ผ่านการแช่น้ำ 10 นาที ไม่ผ่านการสกัดแป้งด้วยต้นแบบเครื่องอัลตราโซนิค

สภาวะที่ 2 กากมันสำปะหลังที่ผ่านการสกัดแป้งด้วยต้นแบบเครื่องอัลตราโซนิค เป็นเวลา 10 นาที

สภาวะที่ 3 กากมันสำปะหลังแห้งที่ผ่านการแช่น้ำ 20 นาที ไม่ผ่านการสกัดแป้งด้วยต้นแบบเครื่องอัลตราโซนิค

สภาวะที่ 4 กากมันสำปะหลังที่ผ่านการสกัดแป้งด้วยต้นแบบเครื่องอัลตราโซนิค เป็นเวลา 20 นาที

แล้วนำกากมันที่ผ่านเครื่องอัลตราโซนิคไปกรองน้ำออกด้วยตะแกรงขนาด 110 ไมครอน นำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักคงที่ แล้วนำไปวิเคราะห์แป้งเพื่อคำนวนเปอร์เซนต์แป้งที่ลดลง

5) วิเคราะห์ผลการทดสอบ ทำการปรับปรุงแก้ไขให้มีประสิทธิภาพสูงสุด ใช้งานง่าย ราคาถูก

6) ประเมินต้นทุนการผลิตในเชิงธุรกิจ (Financial Costs)

บทที่ 4
ผลการศึกษาและวิจารณ์

4.1 บทนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึง การศึกษาการสกัดแป้งจากกากมันสำปะหลังโดยใช้ระบบอุลตร้าโซนิค ได้แก่ ผลการศึกษาคุณสมบัติกากมันสำปะหลัง หลักการออกแบบต้นแบบระบบอุลตร้าโซนิคสำหรับใช้การสกัดแป้งจากมันสำปะหลัง ลักษณะต้นแบบระบบอุลตร้าโซนิคสำหรับใช้การสกัดแป้งจากมันสำปะหลัง ผลการทดสอบการทำงานของเครื่องอุลตร้าโซนิคกับกากมันสำปะหลัง และ ผลการประเมินต้นทุนการผลิต มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.2 คุณสมบัติกากมันสำปะหลัง

1) องค์ประกอบแบบประมาณ (Proximate Value)

องค์ประกอบแบบประมาณ (Proximate Value) แสดงถึงสัดส่วนของ ปริมาณความชื้น (Moisture Content) ปริมาณสารที่ระเหยได้ (Volatile Matter) ปริมาณคาร์บอนคงตัว (Fixed Carbon) และ ปริมาณเถ้า (Ash Content) ใช้วิธีการวิเคราะห์ตามมาตรฐาน ASTM

2) องค์ประกอบแบบแยกธาตุ (Ultimate Value)

เป็นสมบัติที่แสดงถึงธาตุองค์ประกอบของเชื้อเพลิงชีวมวล อันประกอบไปด้วย คาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจน ไนโตรเจน และซัลเฟอร์ สามารถทำการวิเคราะห์ได้โดยใช้เครื่อง Carbon, Hydrogen, Nitrogen and Sulfur Analyzer; CHNS-932) ซึ่งองค์ประกอบของธาตุต่างๆ จะมีความแตกต่างกันโดยขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ของชีวมวลแต่ละชนิดทั้งนี้ธาตุองค์ประกอบที่สำคัญ และมีผลต่อค่าความร้อน คือ คาร์บอนและไฮโดรเจน เนื่องจากคาร์บอนและไฮโดรเจนเป็นตัวทำปฏิกิริยากับออกซิเจนแล้วเกิดเป็น คาร์บอนได-ออกไซค์ น้ำ และพลังงานในกระบวนการเผาไหม้แบบสมบูรณ์ อย่างไรก็ตามหากมีปริมาณไฮโดรเจนมาก ในปฏิกิริยาการเผาไหม้แบบสมบูรณ์ จะเกิดน้ำมากเช่นกัน ซึ่งเป็นผลทำให้น้ำส่วนนี้ดูดซับพลังงานไว้บางส่วน พลังงานที่ระบบปลดปล่อยออกมาจึงลดลง

3) ค่าความร้อน (Heating Value)

ค่าความร้อน แสดงถึงปริมาณพลังงานที่ถูกปลดปล่อยออกมาขณะเผาไหม้เชื้อเพลิงต่อหน่วยน้ำหนักในรูปของความร้อน ซึ่งค่าความร้อนของเชื้อเพลิงชีวมวลแต่ละชนิดจะมีค่าแตกต่างกันขึ้นอยู่กับสมบัติและองค์ประกอบของตัวอย่าง

นิยามของค่าความร้อนสูง (High Heating Value; HHV) หมายถึงพลังงานความร้อนที่ปลดปล่อยออกมาจากการเผาไหม้ตัวอย่างแบบสมบูรณ์ (Gross Calorific Value) โดยเริ่มจากตัวอย่างมีอุณหภูมิ 25 ^{o}C และผลิตภัณฑ์สุดท้ายมีอุณหภูมิ 25^{o}C ซึ่งเป็นพลังงานความร้อนที่รวมถึงพลังงาน

ความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอของน้ำ (Latent Heat of Vaporization) ส่วนค่าความร้อนต่ำ (Low Heating Value; LHV) หมายถึงพลังงานความร้อนสุทธิที่ปลดปล่อยออกมาจากการเผาไหม้แบบสมบูรณ์ของตัวอย่าง (Net Calorific Value) โดยเริ่มจากเชื้อเพลิงมีอุณหภูมิ 25 °C และผลิตภัณฑ์สุดท้ายมีอุณหภูมิ 150°C ซึ่งไม่รวมถึงพลังงานที่ได้จากการควบแน่น (Condensate) ไอน้ำมาใช้งาน ซึ่งสมบัติต่างๆแสดงไว้ใน**ตารางที่ 4.1 ถึง 4.2**

ตารางที่ 4.1 องค์ประกอบแบบประมาณ

Sample	ความชื้นเริ่มต้น	Proximate Value			HHV (kJ/kg)
		%VM	%Ash	%FC	
กากมันสด [1)]	79.6	-	-	-	-
กากมันฤดูแล้ง[2)]	10.70	83.39	5.40	11.21	14,668
กากมันฤดูฝน[2)]		78.65	10.95	10.39	14,083

หมายเหตุ [1)] ที่มาของกากมันสด บริษัท สงวนวงษ์อุตสาหกรรม จำกัด

[2)] ที่มาของกากมันแห้ง โรงงานตากกากมัน จ.นครราชสีมา

ตารางที่ 4.2 องค์ประกอบแบบแยกธาตุ

Sample	Ultimate Value				
	%C	%H	%N	%S	%O
กากมันฤดูแล้ง[1)]	46.497	6.417	1.309	0.192	45.585
กากมันฤดูฝน[1)]	42.213	5.883	1.453	0.267	50.184

หมายเหตุ [1)] ที่มาของกากมันแห้ง โรงงานตากกากมัน จ.นครราชสีมา

4) คุณสมบติอื่นๆ

จากจากศึกษากากมันสำปะหลังแห้งในโรงงานตากกากมันสำปะหลังในจังหวัดนครราชสีมา พบว่า ความชื้นในการเก็บรักษากากมันสำปะหลังแห้งประมาณ 10-15 เปอร์เซนต์ โดยกากมันที่ตากในฤดูฝนจะมีคุณสมบัติความเป็นเชื้อเพลิงน้อยกว่ากากมันสำปะหลังที่ตากในฤดูแล้ง เนื่องจากกากมันสำปะหลังที่ตากในฤดูฝนจะได้รับแสงแดดไม่ต่อเนื่องทำให้เกิดการแปรสภาพ ปริมาณสารละเหยลดลง จนเกิดเถ้าในปริมาณที่สูงกว่ากากมันสำปะหลังที่ตากในฤดูแล้ง และค่าความร้อนจึงต่ำ นอกจากนี้ทางคณะผู้วิจัยยังได้ทำการศึกษาคุณสมบัติอื่น ๆ ของกากมันสำประหลัง ได้แก่

4.1) โปรตีน (protein)

โปรตีน คือ สารชีวโมเลกุลประเภทสารอินทรีย์ที่ประกอบด้วยธาตุ C, H, O, N เป็นองค์ประกอบสำคันอกจากนั้นยังมีธาตุอื่น ๆ เช่น S, P, Fe, Zn ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของโปรตีน โปรตีน

เป็นสารพวกพอลิเมอร์ ประกอบด้วยกรดอะมิโนจำนวนมากมาย สมบัติของโปรตีน คือ ไม่ละลายน้ำ บางชนิดละลายน้ำได้เล็กน้อย ขนาดโมเลกุลและมวลโมเลกุลมีขนาดใหญ่ มีมวลโมเลกุลมาก เมื่อเผาไหม้จะมีกลิ่นไหม้

โปรตีนที่สกัดได้จากเม็ดแป้งแบ่งได้เป็น 2 กลุ่มคือ เป็นโปรตีนที่จับอยู่ที่ผิวของเม็ดแป้ง (surface protein) ซึ่งสกัดออกได้ง่ายที่อุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิในการเกิดเจลาติไนซ์ และโปรตีนที่เป็นส่วนหนึ่งของเม็ดแป้ง (integral protein) ซึ่งการสกัดต้องใช้อุณหภูมิใกล้เคียงหรือสูงกว่าอุณหภูมิในการเกิดเจลาติไนซ์

4.2) ไขมัน (fat)

ไขมัน หมายถึง สารอินทรีย์กลุ่มหนึ่งที่ไม่สามารถละลายได้ในน้ำ แต่ละลายได้ดีในน้ำมันและไขมันด้วยกัน ไขมันที่สกัดได้จากเม็ดแป้งอาจเป็นไขมันที่เป็นส่วนหนึ่งของเม็ดแป้งจริงๆ หรืออาจมาจากเนื้อเยื่อ ส่วนอื่นๆ และมาจับอยู่กับเม็ดแป้งในขณะที่ทำการสกัดแป้ง

4.3) คาร์โบไฮเดรต (carbohydrate)

คาร์โบไฮเดรทจัดเป็นชีวโมเลกุลที่มีปริมาณมากที่สุด คาร์โบไฮเดรทเหล่านี้ ได้มาจากกระบวนการสังเคราะห์แสงซึ่งสิ่งมีชีวิตบางจำพวก จะเปลี่ยนพลังงานในรูปของแสงอาทิตย์ มาเป็นพลังงานเคมี และมีการนำคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศมาสังเคราะห์เป็นโมเลกุลของ คาร์โบไฮเดรท

คาร์โบไฮเดรทซึ่งมีทั้งที่เป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวและโพลิเมอร์ที่ได้จากน้ำตาลเดี่ยว มีบทบาท สำคัญต่อสิ่งมีชีวิต เช่น เมื่อถูกออกซิไดซ์จะได้พลังงานเพื่อไปขับเคลื่อนเมตาโบลิซึมต่างๆในสัตว์ และพืช คาร์โบไฮเดรททำหน้าที่เป็นชีวโมเลกุลที่เก็บพลังงาน ในสิ่งมีชีวิตหลายๆ ชนิดมีคาร์โบไฮเดรท เป็นส่วน ประกอบของผนังเซลล์หรือสารที่เคลือบอยู่บนเซลล์

4.4) แป้ง (starch)

แป้งเป็นโพลิเมอร์ของกลูโคสที่มีขนาดโมเลกุลใหญ่ โมเลกุลแป้งแบ่งออกเป็น 2 ชนิดหลักๆ ตามขนาดโมเลกุลและลักษณะการจัดเรียงตัว คือ อะไมโลส ซึ่ง มีขนาดเล็กและมีกิ่งก้านสาขาเพียงเล็กน้อย และอะไมโลเพคตินซึ่งมีขนาดใหญ่และ มีกิ่ง ก้าน สาขา มาก มาย ดังแสดงใน**ตารางที่ 4.3**

ตารางที่ 4.3 สมบัติที่แตกต่างกันของอะไมโลสและอะไมโลเพคติน

อะไมโลส	อะไมโลเพคติน
1. ประกอบด้วยโมเลกุลกลูโคสที่ต่อ กันเป็นเส้นตรงด้วยพันธะ a-1,4	1.โมเลกุลกลูโคสที่ต่อกันด้วยพันธะ a-1,4 และมี การแตกกิ่งด้วยพันธะa-1,6
2. ประกอบด้วยกลูโคส 200-6000 หน่วย	2. แต่ละกิ่งมีกลูโคส 20-25 หน่วย
3. ละลายน้ำได้น้อยกว่า	3. ละลายน้ำได้ดีกว่า
4. เมื่อต้มในน้ำจะมีความข้นหนืดน้อย	4. ข้นหนืดมากและใส
5. ให้สีน้ำเงินกับสารละลายไอโอดีน	5. ให้สีม่วงแดงหรือสีน้ำตาลแดงกับสารละลายไอโอดีน
6. ต้มแล้วทิ้งไว้จะจับตัวเป็นวุ้นและแผ่นแข็งได้	6. ไม่จับตัวเป็นวุ้นและแผ่นแข็ง

(ที่มา รศ.ดร.ดุษฎี อุตภาพ อ้างถึง Beynum and Roels [1985])

4.5) เส้นใย (fiber)

เส้นใย หมายถึง ส่วนของพืชที่ไม่สามารถย่อยได้โดยน้ำย่อยในระบบทางเดินอาหารของมนุษย์ ประกอบด้วยสารประกอบที่มีโมเลกุลใหญ่ และมีโครงสร้างซับซ้อน แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ เส้นใยที่ไม่ละลายน้ำ และเส้นใยที่ละลายน้ำได้ ในงานนี้วิจัยนี้เราจะถึงเฉพาะเส้นใยที่ไม่สามารถละลายน้ำได้ ได้แก่

- **เซลลูโลส (Cellulose)** เป็นส่วนประกอบสำคัญของผนังเซลล์ของพืช ประกอบด้วยโมเลกุลของกลูโคสเป็นจำนวนพัน ๆ โมเลกุลคล้ายในแป้ง(Starch) แต่ไม่ถูกย่อยโดยเอนไซม์ในระบบทางเดินอาหารของสัตว์กระเพาะเดี่ยว
- **เฮมิเซลลูโลส (Hemicelluloses)** เป็นส่วนประกอบของผนังเซลล์ของพืช ประกอบด้วยโมกุลของน้ำตาลเชิงเดี่ยว (monosaccharides) ชนิดต่าง ๆ ตั้งแต่สองชนิดขึ้นไปเป็นจำนวนร้อยๆ โมเลกุล ที่มีสมบัติในการละลายเหมือนกัน คือ ละลายได้ในสารละลายด่าง
- **ลิกนิน (lignin)** เป็นสารประกอบเชิงซ้อนของแอลกอฮอล์ที่พืชผลิตเมื่อแก่ขึ้น ทำให้ส่วนต่างๆ ของพืชมีโครงสร้างที่แข็งแรง

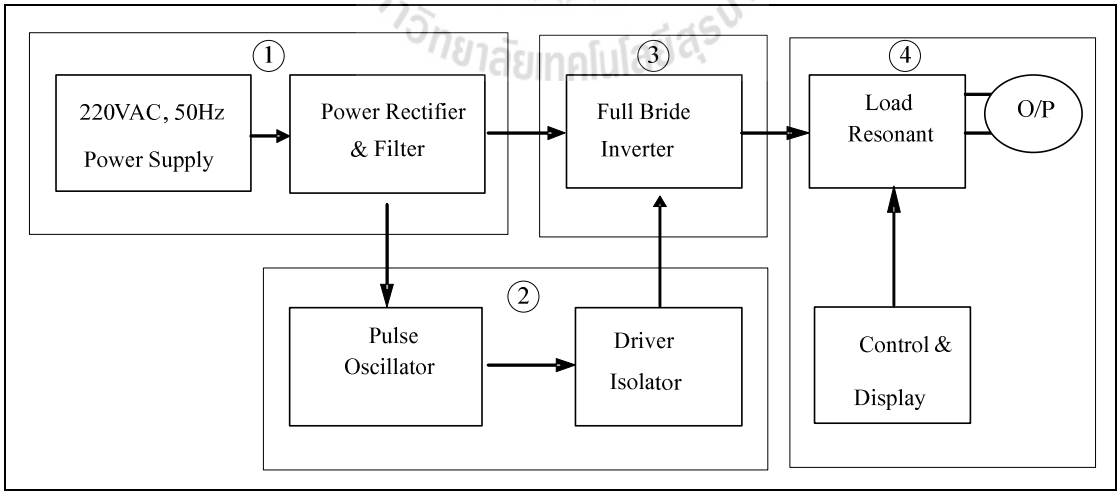
ซึ่งสมบัติต่างๆแสดงไว้ใน**ตารางที่ 4.4**

ตารางที่ 4.4 แสดงองค์ประกอบทางเคมีในตัวอย่างกากมัน (% น้ำหนักแห้ง)

ลำดับ	องค์ประกอบที่วิเคราะห์	องค์ประกอบทางเคมี (% น้ำหนักแห้ง)	
		กากมันฤดูแล้ง	กากมันฤดูฝน
1	โปรตีน (protein)	1.03	1.49
2	ไขมัน (fat)	0.08	0.23
3	คาร์โบไฮเดรต (carbohydrate)	72.31	61.38
	- แป้ง (starch)	60.57	37.93
	- อะไมโลส (amylose)	11.68	5.53
	- อะไมโลเพคติน (amylopectin)	48.88	32.41
	- น้ำตาล reduce (reducing sugar)	0.31	0.74
4	เส้นใย (fiber)	6.34	12.94
	- เซลลูโลส (cellulose)	1.48	3.80
	- ลิกนิน (acid insoluble lignin)	3.15	6.78
	- เฮมิเซลลูโลส (hemicellulose)	1.72	2.36

4.3 หลักการออกแบบต้นแบบระบบอุลตร้าโซนิคสำหรับใช้การสกัดแป้งจากมันสำปะหลัง

การออกแบบเครื่องต้นแบบระบบอุลตร้าโซนิคสำหรับสกัดแป้งจากมันสำปะหลัง ประกอบด้วย 4 ภาคส่วนหลักๆ คือ ภาควงจรเรียงกระแสไฟฟ้าและกรองกระแสไฟฟ้าทางด้านอินพุต ภาควงจรขยายกำลัง ภาควงจรสร้างและขยายความถี่และวงจรรีโซแนนและขดลวดหม้อแปลง โดยลักษณะของวงจรแสดงดังบล็อกไดอะแกรมดังแสดงใน**รูปที่ 4.1**

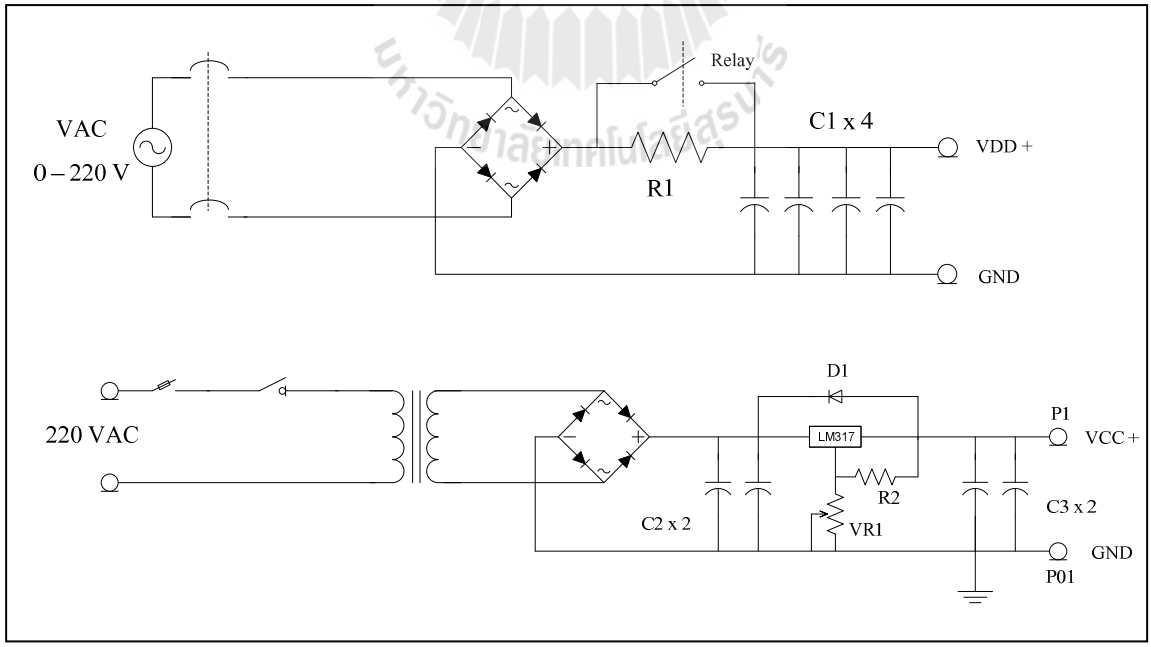


รูปที่ 4.1 บล็อกไดอะแกรมเครื่องต้นแบบระบบอุลตร้าโซนิคสำหรับสกัดแป้งจากมันสำปะหลัง

จาก**รูปที่ 4.1** ประกอบไปด้วยภาคที่ (1) ภาควงจรเรียงกระแสไฟฟ้าและกรองกระแสไฟฟ้าทางด้านอินพุตกำลังสูง (Power Rectifier & Filter) (2) ภาควงจรสร้างและขยายความถี่ (Pulse Oscillator &Driver Isolator) (3) ภาควงจรขยายกำลัง อินเวอร์เตอร์แบบฟลูบริดจ์ (Full Bridge Inverter) และ (4) ภาควงจรรีโซแนนและขดลวดหมอแปลง (Load Resonant & coil) โดยมีการทำงานของภาควงจรพอสังเขป คือ จากแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับทางด้านอินพุต 220 VAC 50Hz ผ่านวงจรเรียงกระแสไฟฟ้าและกรองกระแสไฟฟ้ากำลังสูงให้ได้แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่ประมาณ 310 VDC กระแสไฟฟ้าที่5A ไปเป็นแหล่งจ่ายที่ภาคของวงจรอินเวอร์เตอร์แบบฟลูบริดจ์โดยใช้มอสเฟต จะทำหน้าที่เป็นวงจรสวิตช์ตามความถี่ที่ออกแบบมาให้เหมาะกับลักษณะงานที่ต้องการ และกำลังไฟฟ้าที่ได้จากการสวิตช์โดยภาคอินเวอร์เตอร์จะส่งต่อไปยังภาควงจรรีโซแนนซ์ เพื่อปรับวงจรให้เหมาะสมกับความถี่ที่สวิทช์และกำลังงานเอาต์พุท หลังจากนั้นผ่านกำลังงานทั้งหมดไปยังหัวอุลตร้าโซนิค สำหรับสกัดแป้งมันสำปะหลัง ส่วนของภาควงจรควบคุมและแสดงผล จะทำการตรวจสอบสถานการณ์ทำงานและแสดงผลการทำงานของระบบทั้งหมดของวงจร

1) วงจรเรียงกระแสไฟฟ้าและกรองกระแสไฟฟ้าทางด้านอินพุต

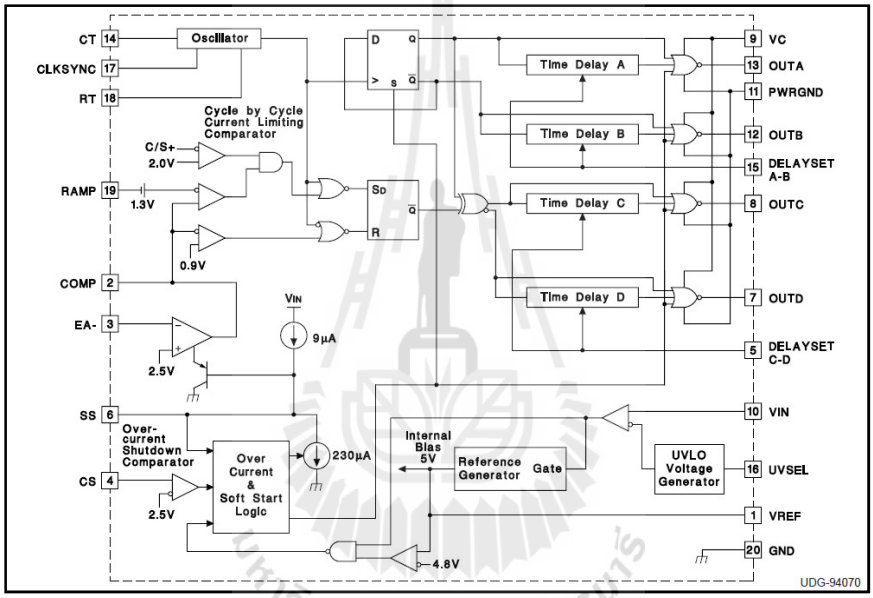
สำหรับวงจรเรียงกระแสไฟฟ้าและกรองกระแสไฟฟ้าทางด้านอินพุตเป็นส่วนของวงจรที่ออกแบบเพื่อเป็นแหล่งจ่ายให้กับภาคงจรต่างๆ ประกอบด้วยภาควงจรขยายกำลังซึ่งต้องการแหล่งจ่ายที่ 220 VAC หรือ ประมาณ 310 VDC และภาควงจรสร้างและขยายความถี่ ซึ่งต้องการแหล่งจ่ายประมาณ 12 โวลต์ สำหรับวงจรสร้างความถี่ และ 15 โวลต์ สำหรับวงจรขยาย ลักษณะของวงจรที่ออกแบบ แสดงดัง**รูปที่ 4.2**



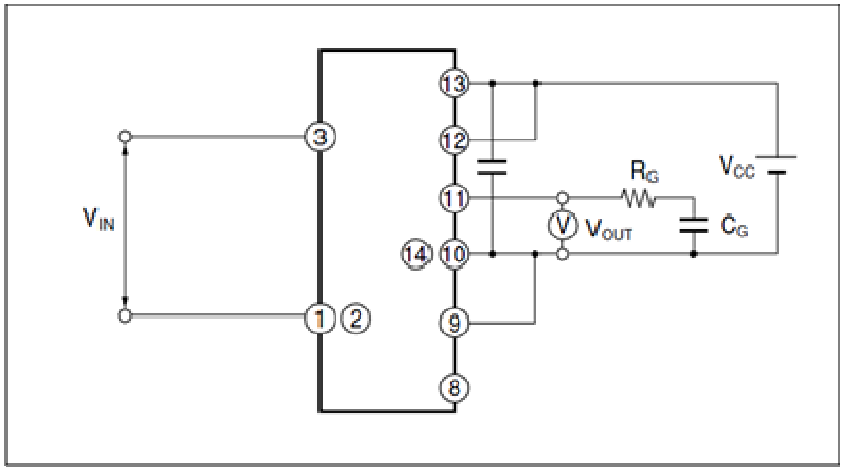
รูปที่ 4.2 ลักษณะวงจรเรียงกระแสไฟฟ้าและกรองกระแสไฟฟ้าทางด้านอินพุต

2) วงจรสร้างและขยายความถี่

สำหรับวงจรสร้างและขยายความถี่เป็นส่วนของวงจรซึ่งออกแบบสำหรับความคุมการทำงานของภาควงจรขยายกำลัง ในส่วนของวงจรจะใช้ IC เบอร์ UC 3879 ซึ่งมีเอาต์พุตทั้งหมด 4 เอาต์พุต ได้แก่ OUT A, OUT B, OUT C, และ OUT D, และสารารถปรับความถี่ตามต้องการโดยการปรับค่า RT และ CT ซึ่งบล๊อกไดอะแกรมการทำงานแสดงดัง**รูปที่ 4.3** สัญญาณเอาต์พุตที่ได้ทั้ง 4 สัญญาณจะเป็นสัญญาณ อินพุตให้วงภาควงจรขับกำลังสัญญาณเพื่อขับนำกระแสก่อนที่จะเข้าควบคุมการทำงานของภาควงจรขยายกำลังในส่วนต่อไป โดยลักษณะของวงจรขับกำลังสัญญาณ แสดงดัง**รูปที่ 4.4**



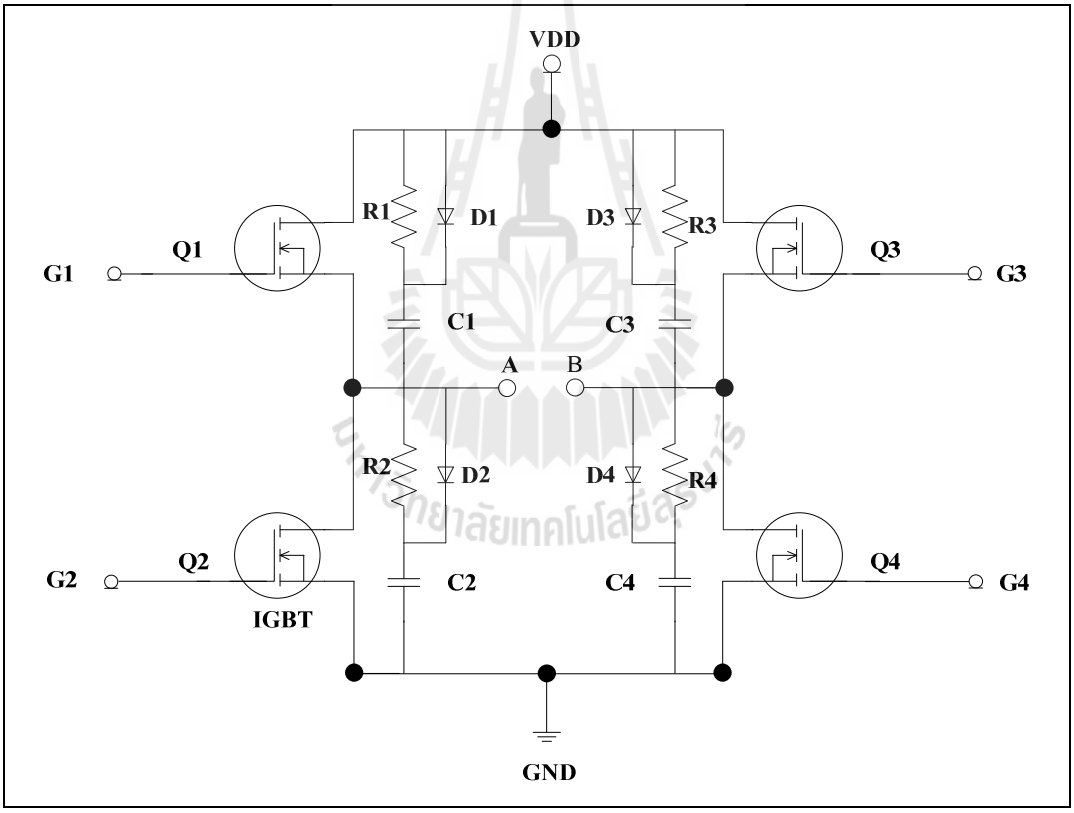
รูปที่ 4.3 ลักษณะวงจรกำเนิดความถี่



รูปที่ 4.4 วงจรขับกำลังสัญญาณ

3) วงจรขยายกำลัง

สำหรับวงจรขยายกำลังเป็นวงจรที่ออกแบบเพื่อขยายกำลังสัญญาณให้มีกำลังที่สูงและเหมาะสมสำหรับการทำงานของระบบ โดยในภาควงจรนี้ออกแบบเป็นลักษณะของวงจรฟูลบริจด์คอนเวอร์เตอร์ โดยลักษณะวงจรแสดงดัง**รูปที่ 4.5** โดยใช้แรงดันไฟฟ้าจากภาควงจรเรียงกระแสไฟฟ้าและกรองกระแสไฟฟ้าทางด้านอินพุต 220 VAC หรือ ประมาณ 310 VDC ซึ่งลักษณะการทำงานในส่วนของวงจรแบบฟูลบริดจ์ เพาเวอร์มอสเฟท ทั้ง 4 ตัวจะทำงานโดยการนำกระแสและหยุดนำกระแสสลับกันเป็นคู่ๆ ในแต่ละครึ่งคาบเวลา โดยถูกควบคุมจากวงจรสร้างและขยายความถี่ (PWM) Q1 และ Q4 จะนำกระแสในครึ่งคาบเวลาพร้อมกัน และเมื่อหยุดนำกระแส Q2 และ Q3 จะนำกระแสในครึ่งคาบเวลาพร้อมกันในเวลาที่เหลือ สลับกันไปเช่นนี้เรื่อยๆ ในส่วนของจุดเชื่อมต่อ A และ B เป็นจุดที่เชื่อมต่อกับภาควงจรวงจรรีโซแนนและขดลวดหม้อแปลงในส่วนต่อไป



รูปที่ 4.5 ลักษณะวงจรขยายกำลัง

4) วงจรรีโซแนนซ์และขดลวดหม้อแปลง

สำหรับวงจรรีโซแนนซ์และขดลวดหม้อแปลงเป็นภาคส่วนสำหรับแมตชิ่งเพื่อปรับระบบการทำงานให้เหมาะสมกับระบบของวงจร ลักษณะของวงจรแสดงดัง**รูปที่ 4.6** ซึ่งจะรับกำลังงาน

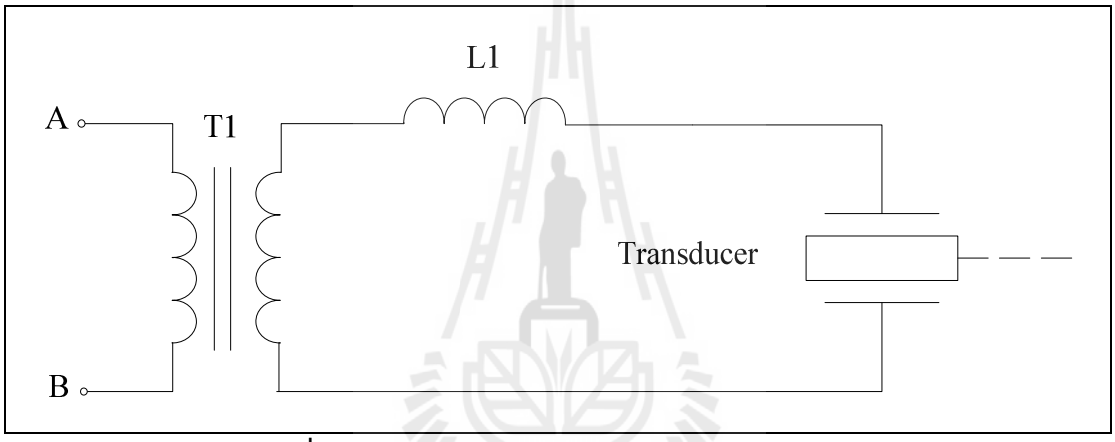
จากจากภาควงจรขยายกำลังที่จุด A และ จุด B หลังจากนั้นผ่านหม้อแปลง T1 เพื่อแปลงแรงดัน และชุดแมตชิ่งที่ L1 กับ Transducer เพื่อให้ได้กำลังงานสูงสุดและเหมาะสมที่สุด: ซึ่ง Transducer จะมีค่าของตัวเก็บประจุ (C) อยู่ภายใน โดยสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 4-1

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \tag{4-1}$$

เมื่อ f คือ ความถี่

L คือ ค่าความเหนี่ยวนำ

C คือ ค่าตัวเก็บประจุ



รูปที่ 4.6 ลักษณะวงจรรีโซแนนและขดลวดหม้อแปลง

4.4 ลักษณะต้นแบบระบบอุลตร้าโซนิคสำหรับใช้การสกัดแป้งจากมันสำปะหลัง

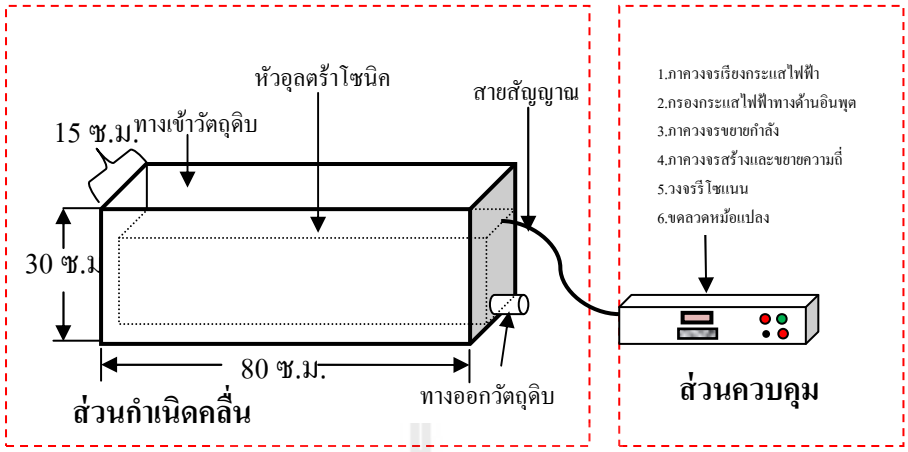
1) ต้นแบบระบบอุลตร้าโซนิคสำหรับใช้การสกัดแป้งจากมันสำปะหลังที่พัฒนาจากงานวิจัย นี้

ต้นแบบระบบอุลตร้าโซนิคสำหรับใช้การสกัดแป้งจากมันสำปะหลังที่พัฒนาจากงานวิจัยนี้ ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนควบคุม และส่วนกำเนิดคลื่น มีรายละเอียดดังนี้

ส่วนควบคุม ประกอบด้วย ภาควงจรเรียงกระแสไฟฟ้า กรองกระแสไฟฟ้าทางด้านอินพุต ภาควงจรขยายกำลัง ภาควงจรสร้างและขยายความถี่ วงจรรีโซแนน และ ขดลวดหม้อแปลง ทำหน้าที่ส่งสัญญาณควบคุมไปยังส่วนกำเนิดคลื่น เพื่อสร้างคลื่นอุลตร้าโซนิค ดังสดงใน**รูปที่ 4.7**

ส่วนกำเนิดคลื่น ประกอบด้วย ถังปฏิกรณ์ ขนาดสุทธิ 24 ลิตร และหัวอุลตร้าโซนิค ทำหน้าที่รับสัญญาณจากส่วนควบคุมแล้วให้กำเนิดคลื่นอุลตร้าโซนิค ดังสดงใน**รูปที่ 4.7**

เครื่องต้นแบบระบบอุลตร้าโซนิคสำหรับสกัดแป้งจากมันสำปะหลังมีคุณสมบัติ ดังแสดงใน**ตารางที่ 4.5**



รูปที่ 4.7 เครื่องต้นแบบระบบอุลตร้าโซนิคสำหรับสกัดแป้งจากมันสำปะหลัง

ตารางที่ 4.5 แสดงคุณสมบัติของเครื่องต้นแบบระบบอุลตร้าโซนิคสำหรับสกัดแป้งจากมันสำปะหลัง

Specifications		Unit
Heating Power	750	W
Operating Frequency	25/35/45	Hz
Number of Transducers	30	PCS.
Tank Capacity	24	L
Internal Tank Size (W x L x D)	15 x 80 x 30	cm^3
Power Source	AC 220-230 /50-60	V/Hz

2) ผลการทดสอบการทำงานของเครื่องอุลตร้าโซนิคกับกากมันสำปะหลัง

จากผลการทดสอบสกัดแป้งมันสำปะหลังเบื้องต้นที่ความเข้มข้น 2% และ 4% ของแข็ง โดยวิธีการผสมกากมันสำปะหลังแห้ง 2% และ 4% กับน้ำกลั่น 98% และ 96% ตามลำดับ จากนั้นนำมาสกัดแป้งด้วยต้นแบบเครื่องอุลตร้าโซนิคที่สร้างขึ้น เป็นเวลา 10 และ 20 นาที ทั้ง สองความเข้มข้น จากนั้นนำมากรองแยกกากมันสำปะหลังออกจากน้ำด้วย ตะแกรงขนาด 106 ไมครอน แล้วนำกากมันไปอบที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียสเพื่อลดความชื้น และนำไปวิเคราะห์หาแป้ง(starch)

ผลการวิเคราะห์ พบว่าต้นแบบเครื่องอุลตร้าโซนิคสามารถสกัดแป้งออกจากกากมันสำปะหลังที่เวลาให้คลื่นอุลตร้าโซนิค 10 นาที ได้ 10.62% และ 15.08% ความเข้มข้น 2% ของแข็ง และ 4% ของแข็ง ตามลำดับ และ ที่เวลาให้คลื่นอุลตร้าโซนิค 20 นาที 31.48% และ 37.22% ความเข้มข้น 2% ของแข็งและ 4% ของแข็ง ตามลำดับ

จากผลการทดสอบสกัดแป้งจากมันสำปะหลังเครื่องต้นแบบระบบอุลตร้าโซนิค เครื่องต้นแบบนี้ต้องมีการพัฒนาให้เป็นระบบต่อเนื่อง เพื่อสามารถใช้งานได้จริงในเชิงพานิชย์ ดังนั้น คณะผู้วิจัยจึงนำผลการทดสอบเครื่องต้นแบบนี้ไปพัฒนาออกแบบต้นแบบใหม่ที่สามารถทำงานได้ต่อเนื่องและใช้งานได้จริงในเชิงพานิชย์ ในหัวข้อถัดไป

ตารางที่ 4.6 ผลการทดสอบสกัดแป้งมันสำปะหลังด้วยต้นแบบเครื่องอุลตร้าโซนิค

องค์ประกอบ/เวลา	**A_0/ A_1[เปอร์เซนต์เฉลี่ยแป้งที่สกัดออก]**	**B_0/B_1[เปอร์เซนต์เฉลี่ยแป้งที่สกัดออก]**	**C_0/C_1[เปอร์เซนต์เฉลี่ยแป้งที่สกัดออก]**
ความเข้มข้น 2% ของแข็ง			
แป้ง (%)	50.05/44.73[10.62%]	55.36/37.93[31.48%]	n/a
ความเข้มข้น 4% ของแข็ง			
แป้ง (%)	50.05/42.50[15.08%]	55.36/34.75[37.22%]	n/a
ความเข้มข้น 6% ของแข็ง			
แป้ง (%)	50.05/50.05 [0%]	55.36/55.36[0%]	n/a

หมายเหตุ A_0 คือ กากมันสำปะหลังแห้งที่ผ่านการแช่น้ำ 10 นาที **ไม่ผ่าน**การสกัดแป้งด้วยต้นแบบเครื่องอัลตราโซนิค

A_1 คือ กากมันสำปะหลังที่**ผ่าน**การสกัดแป้งด้วยต้นแบบเครื่องอัลตราโซนิค เป็น**เวลา 10 นาที**

B_0 คือ กากมันสำปะหลังแห้งที่ผ่านการแช่น้ำ 20 นาที **ไม่ผ่าน**การสกัดแป้งด้วยต้นแบบเครื่องอัลตราโซนิค

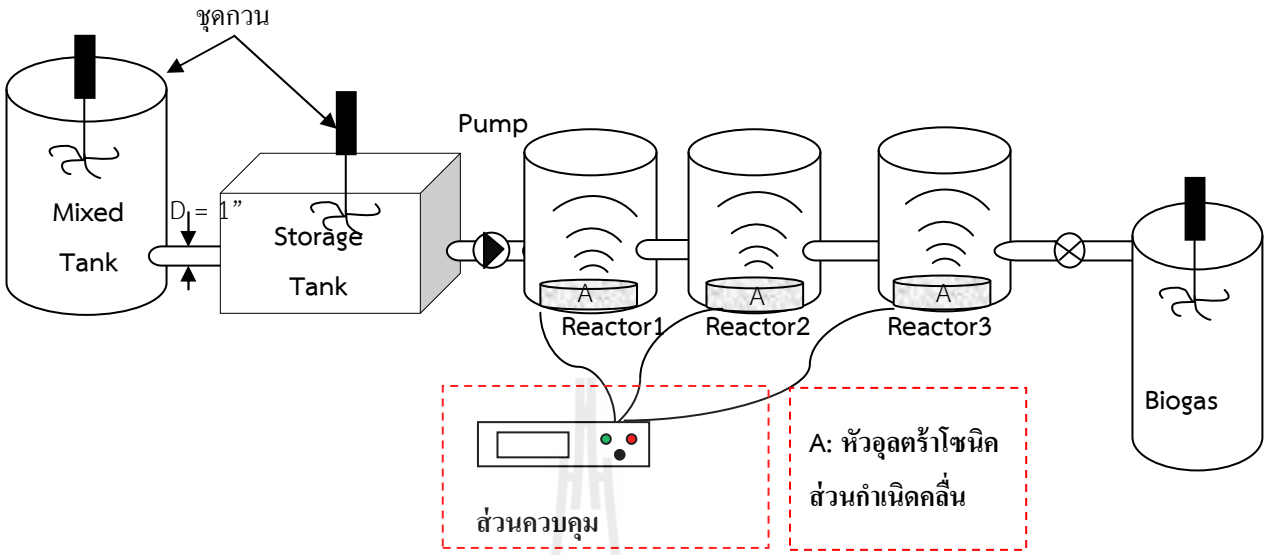
B_1 คือ กากมันสำปะหลังที่**ผ่าน**การสกัดแป้งด้วยต้นแบบเครื่องอัลตราโซนิค เป็น**เวลา 20 นาที**

C_0 คือ กากมันสำปะหลังแห้งที่ผ่านการแช่น้ำ 30 นาที **ไม่ผ่าน**การสกัดแป้งด้วยต้นแบบเครื่องอัลตราโซนิค

C_1 คือ กากมันสำปะหลังที่**ผ่าน**การสกัดแป้งด้วยต้นแบบเครื่องอัลตราโซนิค เป็น**เวลา 30 นาที**

n/a คือ ไม่ตรวจพบ (เกิดความร้อนขึ้นที่หัวเซรามิค อาจก่อให้เกิดความเสียหายที่หัวอัลตร้าโซนิค

3.2) แนวคิดเครื่องอุลตร้าโซนิคสำหรับสกัดแป้งจากมันสำปะหลังสำหรับใช้งานจริงในเชิงพานิชยน์



รูปที่ 4.8 แนวคิดเครื่องอุลตร้าโซนิคสำหรับสกัดแป้งจากมันสำปะหลังสำหรับใช้งานจริงในเชิงพานิชยน์

แนวคิดเครื่องอุลตร้าโซนิคสำหรับสกัดแป้งจากมันสำปะหลังสำหรับใช้งานจริงในเชิงพานิชยน์ นี้เป็นแนวคิดการออกแบบเพื่อพัฒนาแก้ไขและปรับปรุงจาก ต้นแบบที่ 1 เพื่อให้ทำงานได้ต่อเนื่อง สามารถใช้งานได้จริงในเชิงพานิชย์ และสำหรับผู้ที่สนใจนำงานวิจัยไปพัฒนาต่อยอด ประกอบด้วยอุปกรณ์ ดังนี้

- ถังผสม (Mixed Tank) ทำหน้าที่ เป็นภาชนะสำหรับใช้ผสมกากมันกับน้ำ ขนาด 250 ลิตร มีใบกวนหมุนไม่ให้เกิดการตกตะกอน
- ถังพัก (Storage Tank) ทำหน้าที่ เป็นถังพักเพื่อให้ระบบทำงานต่อเนื่อง ไม่เกิดความเสียหายกับระบบปั๊ม ขนาด 24 ลิตร
- ถังถังปฏิกรณ์
    - *ถังปฏิกรณ์* ทำหน้าที่เป็นถังปล่อยคลื่นอุลตร้าโซนิค มีขนาด 10 ลิตร จำนวน 3 ถัง แต่ละถังยึดติดกับหัวอุลตร้าโซนิคบริเวณก้นถัง น้ำผสมกากมันไหลผ่าน แต่ละถัง ด้วยอัตราการไหล 1 ลิตรต่อนาที หรือ 0.06 ลูกบาศ์กเมตรต่อชั่วโมง
    - *ส่วนควบคุม* ประกอบด้วย ภาควงจรเรียงกระแสไฟฟ้า กรองกระแสไฟฟ้าทางด้านอินพุต ภาควงจรขยายกำลัง ภาควงจรสร้างและขยายความถี่ วงจรรีโซแนน และ ขดลวดหม้อแปลง ทำหน้าที่ส่งสัญญาณควบคุมไปยังส่วนกำเนิดคลื่น เพื่อสร้างคลื่นอุลตร้าโซนิค

- *ส่วนกำเนิดคลื่น* ประกอบด้วย และหัวอุลตร้าโซนิค ทำหน้าที่รับสัญญาณจากส่วควบคุมแล้วให้กำเนิดคลื่นอุลตร้าโซนิค

- ปั้ม

  อัตราการไหล = 1 ลิตร/นาที

4.5 ประเมินต้นทุนการผลิตในเชิงธุรกิจ

การสร้างและออกแบบเครื่องต้นแบบที่พัฒนาขึ้นในงานวิจัยนี้ ประกอบด้วย 3 ภาคส่วนหลักๆ คือส่วนของตัวเครื่อง ส่วนของหัวยิงอุลตร้าโซนิคและ REACTOR สำหรับสกัดแป้งจากมันสำปะหลัง ซึ่งการประเมินต้นทุนการผลิตจะมีการประเมินตามขนาดของกำลังงานที่ต้องการใช้ในระบบ ซึ่งเครื่องที่ออกแบบมีขนาดกำลังงานประมาณ 3 กิโลวัตต์ ซึ่งในส่วนของตัวเครื่อง ประกอบไปด้วยอุปกรณ์ทางด้านอิเล็กทรอนิกส์ ราคาโดยประมาณ 30, 000 บาท ส่วนหัวยิงอุลตร้าโซนิก ประกอบด้วยหัวยิงทั้งหมดประมาณ 30 หัว ราคาโดยประมาณ 100,000 บาท และระบบ REACTOR ซึ่งประกอบไปด้วย ถังแสตนเลส ระบบท่อแสตนเลส และปั้ม ราคาประมาณ 50,000 บาท ซึ่ง ***ต้นทุนการผลิตของเครื่องต้นแบบจะอยู่ที่ประมาณ 180,000 บาท ต้นทุนการผลิต = 13.9125 ลิตร/บาท สำหรับการผลิตในเชิงธุรกิจ*** ดังแสดงในตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 การคำนวณต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์

รายการ	รายการคำนวณ
1) ต้นทุนการผลิตเครื่องจักร	- อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ = 30,000 บาท - หัวยิงอุลตร้าโซนิก 30 หัว = 100,000 บาท - Reactor ทั้งระบบ ได้แก่ ถังแสตนเลส ระบบท่อแสตนเลส และปั้ม = 50,000 บาท - รวมค่าใช้จ่ายในการสร้างเครื่อง = 180,000 บาท
2) ต้นทุนค่าใช้จ่ายในการผลิต	- ค่าไฟฟ้าจากการผลิต 1. หัวอัลตร้าโซนิก 30 หัว ใช้ไฟฟ้า 0.75 kW [1 วัน ทำงาน 16 รอบ ใน 1 รอบ ทำงาน 20 นาที ฉะนั้น 1 วันทำงาน 320 นาที (5.3 ชั่วโมง)] ดังนั้นใช้ไฟฟ้า = 3.975 kWh/วัน 2. ค่าไฟฟ้าจากปั๊มน้ำ 0.75 kW [1 วัน ทำงาน 16 รอบ ใน 1 รอบ ทำงาน 30 นาที ฉะนั้น 1 วันทำงาน 480 นาที (8 ชั่วโมง)] ดังนั้นใช้ไฟฟ้า = 6 kWh/วัน
3) กำลังการผลิต	- 1 วันผลิตได้ 16 รอบ 1 รอบ ผลิตได้ 30 ลิตร ฉะนั้น อัตราผลิต 480 ลิตร/วัน
4) ต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์	- ต้นทุนการผลิตเครื่องจักร 180,000 บาท - ต้นทุนค่าไฟฟ้าจากการผลิต 1 วัน = 3.975 kWh + 6 kWh = 9.975 kWh คิดค่าไฟฟ้าหน่วยละ 3.5 บาท ดังนั้นค่าไฟฟ้า = 34.9125 บาท/วัน ฉะนั้นต้นทุนการผลิต = 13.9125 ลิตร/บาท

บทที่ 5
สรุป ปัญหาและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุป ปัญหาและข้อเสนอแนะ

เครื่องต้นแบบระบบอุลตร้าโซนิคสำหรับสกัดแป้งจากมันสำปะหลัง ประกอบด้วย 4 ภาคส่วนหลัก ๆ ประกอบไปด้วยภาคที่ (1) ภาควงจรเรียงกระแสไฟฟ้าและกรองกระแสไฟฟ้าทางด้านอินพุตกำลังสูง (Power Rectifier & Filter) (2) ภาควงจรสร้างและขยายความถี่ (Pulse Oscillator &Driver Isolator) (3) ภาควงจรขยายกำลัง อินเวอร์เตอร์แบบฟลูบริดจ์ (Full Bridge Inverter) และ (4) ภาควงจรรีโซแนนและขดลวดหมอแปลง (Load Resonant & coil) โดยมีการทำงานของภาควงจรพอสังเขป คือ จากแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับทางด้านอินพุต 220 VAC 50Hz ผ่านวงจรเรียงกระแสไฟฟ้าและกรองกระแสไฟฟ้ากำลังสูงให้ได้แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่ประมาณ 310 VDC กระแสไฟฟ้าที่5A ไปเป็นแหล่งจ่ายที่ภาคของวงจรอินเวอร์เตอร์แบบฟลูบริดจ์โดยใช้มอสเฟต จะทำหน้าที่เป็นวงจรสวิตช์ตามความถี่ที่ออกแบบมาให้เหมาะกับลักษณะงานที่ต้องการ และกำลังไฟฟ้าที่ได้จากการสวิตช์โดยภาคอินเวอร์เตอร์จะส่งต่อไปยังภาควงจรรีโซแนนซ์ เพื่อปรับวงจรให้เหมาะสมกับความถี่ที่สวิทช์และกำลังงานเอาต์พุท หลังจากนั้นผ่านกำลังงานทั้งหมดไปยังหัวอุลตร้าโซนิค สำหรับสกัดแป้งมันสำปะหลัง ส่วนของภาควงจรควบคุมและแสดงผล จะทำการตรวจสอบสถานการณ์ทำงานและแสดงผลการทำงานของระบบทั้งหมดของวงจร

การทดสอบสกัดแป้งมันสำปะหลังเบื้องต้นที่ความเข้มข้น 2% 4% และ 6% ของแข็ง โดยวิธีการผสมกากมันสำปะหลังแห้ง 2% 4% และ 6% กับน้ำกลั่น 98% 96%และ 94% ตามลำดับ จากนั้นนำมาสกัดแป้งด้วยต้นแบบเครื่องอุลตร้าโซนิคที่สร้างขึ้น เป็นเวลา 10 20 และ 30 นาที ทั้ง 3 ความเข้มข้น จากนั้นนำมากรองแยกกากมันสำปะหลังออกจากน้ำด้วย ตะแกรงขนาด 106 ไมครอน แล้วนำกากมันไปอบที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียสเพื่อลดความชื้น และนำไปวิเคราะห์หาแป้ง(Starch) ผลการวิเคราะห์ พบว่าต้นแบบเครื่องอุลตร้าโซนิคสามารถสกัดแป้งออกจากกากมันสำปะหลังที่เวลาให้คลื่นอุลตร้าโซนิค 10 นาที ได้ 10.62% และ 15.08% ความเข้มข้น 2% ของแข็ง และ 4% ของแข็ง ตามลำดับ ส่วนที่ 6% ไม่สามารถสกัดแป้งได้ และที่เวลาให้คลื่นอุลตร้าโซนิค 20 นาที 31.48% และ 37.22% ความเข้มข้น 2% ของแข็งและ 4% ของแข็ง ตามลำดับส่วนที่ 6% ไม่สามารถสกัดแป้งได้ เนื่องจากที่ความเข้มข้น 6% มีความหนืดและความเข้มข้นสูง คลื่นอัลตร้าโซนิคไม่สามารถผ่านชั้นความหนาของกากมันสำปะหลังได้ และที่เวลาการเปิดคลื่นอัลตร้าโซนิคที่ 30 นาที เกิดความร้อนขึ้นที่หัวอัลตร้าโซนิค อาจก่อให้เกิดความเสียหายให้แก่หัวอัลตร้าโซนิคได้ จากผลการทดสอบสกัดแป้งจากมันสำปะหลังเครื่องต้นแบบระบบอุลตร้าโซนิค เครื่องต้นแบบนี้ต้องมีการพัฒนาให้เป็นระบบต่อเนื่องเพื่อสามารถใช้งานได้จริงในเชิงพานิชย์

เครื่องต้นแบบที่พัฒนาขึ้นในงานวิจัยนี้ ประกอบด้วย 3 ภาคส่วนหลักๆ คือส่วนของตัวเครื่อง ส่วนของหัวยิงอุลตร้าโซนิคและ REACTOR สำหรับสกัดแป้งจากมันสำปะหลัง ซึ่งการประเมินต้นทุนการผลิตจะมีการประเมินตามขนาดของกำลังงานที่ต้องการใช้ในระบบ ซึ่งเครื่องที่ออกแบบมีขนาดกำลังงานประมาณ 3 กิโลวัตต์ ซึ่งในส่วนของตัวเครื่อง ประกอบไปด้วย อุปกรณ์ทางด้านอิเล็กทรอนิกส์ ราคาโดยประมาณ 30, 000 บาท ส่วนหัวยิงอุลตร้าโซนิก ประกอบด้วยหัวยิงทั้งหมดประมาณ 30 หัว ราคาโดยประมาณ 100,000 บาท และระบบ REACTOR ซึ่งประกอบไปด้วยถังแสตนเลส ระบบท่อแสตนเลส และปั้ม ราคาประมาณ 50,000 บาท ซึ่งต้นทุนการผลิตของเครื่องต้นแบบจะอยู่ที่ประมาณ 180,000 บาท ต้นทุนการผลิต = 13.9125 ลิตร/บาท สำหรับการผลิตในเชิงธุรกิจ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บรรณานุกรม

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. 2551. การผลิตเอทานอล. http://www.dede.go.th/dede/index.php?id=518. วันที่ 17 กันยายน 2551

ชยะ หัสดิเสวี. 2530. การใช้ปัจจัยในการผลิต ต้นทุนการผลิต และกำไรของโรงงานมันเส้นในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย พ.ศ. 2528. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Vinatoru, M., Toma, M. ,Paniwnyk, L.,and Mason, T.J. (2003). Investigation of the effects of ultrasound on vegetal tissues during solvent extraction.UltrasonicsSonochemistry.8, 137-142.

Rodrigues, S. et al. (2008). Optimization of ultrasound extraction of phenolic compoundsfrom coconut (Cocosnucifera) shell powderby response surface methodology.UltrasonicsSonochemistry.15, 95–100.

Polissiou M. et al. (2002). Comparison of classical and ultrasound-assisted isolation procedures of cellulose from kenaf (Hibiscus cannabinus L.) and eucalyptus (Eucalyptus rodustrus Sm.).UltrasonicsSonochemistry. 9, 19-23.

Pinjari ,V.D. and Pandit,A.B. (2010). Cavitation milling of natural cellulose to nanofibrils.UltrasonicsSonochemistry. 17 (2010) 845–852.

Hepher,M.J. and Aliyu, M. (2000) EVects of ultrasound energy on degradation of cellulose material.UltrasonicsSonochemistry 7, 265–268.

Cum, G. et al. (1988).Effect of static pressure on the ultrasonic activation of chemical reactions.Selective oxidation at benzylic carbon in the liquid phase.J. Chem. Soc. Perkin Trans. 2, 375-383.

Timothy J.Mason.(1991). Pratial sonohemistry.ELLS HORWOOD LIMITED. England.